KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

Sistem Kontrol Terprogram

Semester 3

Kelas XI

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

I. PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU BAHAN AJAR

A. Deskripsi

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengatahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut. Buku bahan ajar dengan judul Kontrol Terprogram 1 ini merupakan dasar program keahlian yang digunakan untuk mendukung pembelajaran pada mata pelajaran Kontrol Terprogram, untuk SMK program Keahlian teknik Teknik Ketenagalistrikan pada kelas XI.

Buku ini menjabarkan usahan minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, yang dijabarkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar. Sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku siswa ini disusun di bawah koordinasi Direktorat Pembinaan SMK, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, dan dipergunakan dalam tahap awal penerapan Kurikulum 2013. Buku ini merupakan “dokumen hidup” yang senantiasa diperbaiki, diperbaharui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

B. Prasyarat

Untuk dapat mengikuti buku bahan ajar ini, peserta didik harus sudah menguasai dan telah menyelesaikan buku bahan ajar dengan judul Dasar

dan Pengukuran Listrik 1 dan 2 pada saat kelas X, serta menguasai penggunaan alat-alat ukur listrik.

Penilaian

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan peserta dalam mengikuti buku bahan ajar ini di lakukan evaluasi terhadap aspek pengetahuan, keterampilan dan sikap dengan mengikuti prinsip penialai autentik selama kegiatan belajar berlangsung.. Aspek pengetahuan (teori) di evaluasi secara tertulis menggunakan jenis tes jawaban singkat dan essai atau pun saat melakukan diskusi , sedangkan aspek keterampilan (praktek) di evaluasi melalui pengamatan langsung terhadap proses kerja, hasil kerja dan sikap kerja.

Peserta yang dinyatakan lulus dalam mengikuti buku bahan ajar ini harus memenuhi persyataan sebagai berikut:

- Selesai mengajarkan semua soal-soal evaluasi tersebut dengan benar.
- Selesai mengejakan soal-soal evaluasi dalam buku bahan ajar ini dan mencapai nilai standar minimum 80 (delapan puluh).
- Pengerjaan tugas praktek mencapai standar keterampilan yang diinginkan.

C. Rencana Aktivitas Belajar

Proses pembelajaran pada Kurikulum 2013 untuk semua jenjang dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkah-langkah pendekatan ilmiah (scientific approach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Pada buku ini, seluruh materi yang ada pada setiap kompetensi dasar diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Melalui buku bahan ajar ini, kalian akan mempelajari apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah sisten kontrol berbasis teknologi digital dan mikrokontroler serta penggunaannya. Langkah awal untuk mempelajari teknologi digital dan mikrokontroler adalah dengan melakukan pengamatan

(observassi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Nah, dengan melakukan penyelidikan lanjutan, kalian akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati.

Dengan keterampilan ini, kalian dapat mengetahui bagaimana mengumpulkan fakta dan menghubungkan fakta-fakta untuk membuat suatu penafsiran atau kesimpulan. Keterampilan ini juga merupakan keterampilan belajar sepanjang hayat yang dapat digunakan bukan saja untuk mempelajari berbagai macam ilmu, tetapi juga dapat dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pada kegiatan belajar di kelas XI siswa dituntut lebih mandiri, efektif dan kreatif sehingga pencapaian metakognitif untuk dapat merancang dan melakukan inovasi dapat tercapai.

Pengamatan
Melibatkan pancaindra, termasuk melakukan pengukuran dengan alat ukur yang sesuai. Pengamatan dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi.

Membuat Inferensi
Merumuskan penjelasan berdasarkan pengamatan. Penjelasan ini digunakan untuk menemukan pola-pola atau hubungan-hubungan antar aspek yang diamati, serta membuat prediksi, atau kesimpulan.

Mengomunikasikan
Mengomunikasikan hasil penyelidikan baik lisan maupun tulisan. Hal yang dikomunikasikan termasuk data yang disajikan dalam bentuk table, grafik, bagan, dan gambar yang relevan.

Buku bahan ajar “Kontrol Terprogram 1 ini, digunakan untuk memenuhi kebutuhan minimal pembelajaran pada kelas X, semester genap, mencakupi kompetensi dasar 3.1 dan 4.1 sampai dengan 3.6 dan 4.6, yang terbagi menjadi 3 kegiatan belajar, yaitu (1) Merancang rangkaian kendali digital (2) Merancang rangkaian kendali berbasis mikrokontroler. Pada buku bahan ajar

ini kalian di beri beberapa tugas,menganalisa rangkaian, menemukan dan mencari solusi pada masalah berkaitan dengan rangkaian digital dan rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler, membuat proyek yang berkaitan dengan materi yang sedang dipelajari agar kalian lebih paham dalam membuat suatu aplikasi rangkaian.

D. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari buku bahan ajar ini peserta didik dapat:

- Merancang rangkaian kendali digital
- Membuat rangkaian digital dengan bantuan *software*
- Mengkaji rangkaian digital melalui percobaan.
- Membuat aplikasi rangkaian digital
- Membedakan antara mikroproses dengan mikrokontroler
- Merancang rangkaian kendali berbasis mikrokontroler
- Membuat perangkat keras sistem kendali berbasis mikrokontroler
- Membuat perangkat lunak sistem kendali berbasis mikrokontroler
- Membuat aplikasi rangkaian kontrol berbasis mikrokontroler

E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Dasar Dan Pengukuran KELAS X

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN/MADRASAH ALIYAH KEJURUAN

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK KETENAGALISTRIKAN
MATA PELAJARAN : SISTEM KONTROL TERPROGRAM

KELAS XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram 1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalammelaksanakan pekerjaan di bidang kontrolterprogram. 2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikirdalam melakukan tugas di bidang kontrolterprogram. 2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan pekerjaan di bidangkontrolterprogram
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural , danmetakognitifberdasarkan rasa ingin tahunya tentang	3.1. Mendeskripsikan system logika digital 3.2. Mendeskripsikanprinsipoperasional system kendali digital 3.3. Mendeskripsikanperangkatkerasmikrokontroller 3.4. Mendeskripsikanprinsipoperasimikrokontroller 3.5. Menentukanpemrogramanmikrokontroller 3.6. Menentukan program pengendalian system otomasiindustry denganmikrokontroller.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.7. Menentukan kondisi operasisistem dan komponen perangkat keras PLCberdasarkan operation manual 3.8. Menentukann HubunganDigital I/O PLC dengankomponeneksternal 3.9. Menentukann konfigurasidan setup PLC 3.10. MenentukanPeta Memory PLC danpengalamatan I/O 3.11. Menentukanbahasa pemrograman PLCberdasarkan programming manual
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.1. MembuatSirkitkendali digital 4.2. Memeriksakondisioperasionalsirkitkendali digital 4.3. Menggambarkanblok diagram system minimum mikrokontroller 4.4. Membuatsirkitsederhanasistemmikrokontroller 4.5. Memprogrammikrokontrolleruntuk proses pengendalian 4.6. Mengoperasikanrangkaianpengendaliandenganmenggunakan mikrokontroller 4.7. Memeriksa kondisi operasisistem dan komponen perangkat keras PLC 4.8. MemeriksahubunganDigital I/O PLC dengankomponeneksternal 4.9. Men-Setup PLC 4.10. MenggunakanPeta Memory danPengalamatan I/O padapemrograman PLC. 4.11. Membuatbahasa pemrograman PLC

SILABUS MATA PELAJARAN

Satuan Pendidikan : SMK
Program Keahlian : Teknik Ketenagalistrikan
Paket Keahlian : Teknik Otomasi Industri
Mata Pelajaran : Sistem Kontrol Terprogram
Kelas /Semester : XI/3 dan 4

Kompetensi Inti:

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 : Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, procedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

KI4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.1. Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrol terprogram					

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrol terprogram					
2.1. Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam melaksanakan pekerjaan di bidang kontrol terprogram. 2.2. Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikirdalam melakukan tugas di bidang kontrol terprogram 2.3. Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam melakukan pekerjaan di bidang kontrol terprogram					
3.12. Mendeskripsikan system logika digital 4.12. Membuat Sirkit	• Penandaan Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar logika: Perkalian,	**Mengamati :** • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja	2 x 6JP	• Lukas Willa. (2010).Teknik Digital,

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
kendali digital	penjumlahan logika, penjumlahan ekslusif, teori logika • Sistem, operasi, konversi dan kode/sandi bilangan: bilangan decimal, biner, octal, heksadesimal, dan kode/sandi bilangan. • Gerbang logika dasar dan aljabar boole, .	• Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang	• Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan system logika dan rangkaian digital serta proses pembuatan sirkit kendali digital. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi khususnya ketenagalistrikan. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi.		mikroprosesor dan mikrokomputer, Bandung: Informatika • Deddy Rusmadi. (1989). Mengenal Teknik Digital. Bandung: Sinar Baru • Muchlas.(2005). Rangkaian Digital. Yogyakarta: Gava Media. • Data Sheet Komponen • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
					•
3.13. Mendeskripsikan prinsip operasional system kendali digital 4.13. Memeriksa kondisi operasional sirkit kendali digital	• Gerbang logika dasar dan aljabar boole, menganalisis dan mendeskripsikan rangkaian logika, penyederhanaan rangkaian logika • Komponen & Sirkit Kendali digital: Integrated Circuits	**Mengamati :** • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan	2 x 6 JP	• Lukas Willa. (2010).Teknik Digital, mikroprosesor dan mikrokomputer, Bandung: Informatika

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	(Clock Timer),Rangkaian kombinasi dalam kemasan IC(Adder, Multiplexer,demultiplexer, encoder, decoder), Rangkaian sekuensial (flip-flop), Pencacah dan register, Converter (ADC/DAC) • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan. **Project work**: membuat sirkit kendali digital sederhana pada aplikasi teknik ketenagalistrikan.	**Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan & Sandi • Komponen &Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengasosiasi :** Mengkategorikan data dan	system logika dan rangkaian digital serta proses pembuatan sirkit kendali digital. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi khususnya ketenagalistrikan. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip, operasi rangkaian digital dan penerapan kendali digital pada system otomasi.		• Deddy Rusmadi. (1989). Mengenal Teknik Digital. Bandung: Sinar Baru • Muchlas.(2005). Rangkaian Digital. Yogyakarta: Gava Media. • Data Sheet Komponen • Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Kondisi Logika dan symbol logika teknik digital • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan& Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Pola dasar, Hukum dan Teori logika • Rangkaian Logika • Sistem bilangan& Sandi • Komponen & Sirkit kendali digital • Aplikasi teknik digital pada bidang ketenagalistrikan			

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.3 Mendeskripsikan perangkat keras mikrokontroller 4.3 Menggambarkan blok diagram system minimum mikrokontroller	• Dasar-dasar mikrokontroller : Pengertian mikrokontroller V.S. mikroprosesor, Prinsip dan operasi, konfigurasi, jenis mikrokontroller, Lay Out dan Blok diagram mikrokontroller, arsitektur mikrokontroller (Bus data dan alamat, Pembacaan dan penulisan memory, memory	**Mengamati :** • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan prinsip	3 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	dan perluasan kapasitas memory), clock, register, interupsi, Timer/Counter .	**Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Perangkat keras	mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller.		Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller			
3.4. Mendeskripsikan prinsip operasi mikrokontroller 4.4. Membuat sirkit sederhana sistem mikrokontroller	• Perakitan system minimum dan downloader (perangkat keras) mikrokontroller. • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan : pembangkitan, distribusi, transmisi, dan industry (control motor) **Project work** : membuat aplikasi antar muka dengan mikrokontroller pada aplikasi	**Mengamati :** • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang :	**Kinerja :** • Pengamatan Sikap Kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam mendeskripsikan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller.	3 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	ketenagalistrikan .	• Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller	**Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi. **Tugas:** Pemberian tugas terkait prinsip mikrokontroller, Perangkat keras dan arsitektur mikrokontroller.		artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		• Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Perangkat keras mikrokontroller • Konfigurasi dan arsitektur mikrokontroller • Antar muka system kendali mikrokontroller • Aplikasi mikrokontroller pada teknik ketenagalistrikan			
3.5. Menentukan pemrograman mikrokontroller 4.5. Memprogram mikrokontroller untuk proses pengendalian	• Set instruksi dan pemrograman Assembly (Kode ASCII, Mnemonic Assembler, fungsi dari perintah dan data, struktur pemrograman), Algoritma dan Teknik pemrograman mikrokontroller. • Penggunaan aplikasi compiler program • Antar muka system kendali berbasis mikrokontroller : Port parallel dan serial, komponen komunikasi antar muka, Sistem komunikasi data (interfacing) dengan mikrokontroller	**Mengamati :** • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku,	**Kinerja :** • Pengamatan sikap kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam menggunakan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan praktek terkait dengan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller untuk keperluan pengendalian system otomasi.	4 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller Buku referensi dan artikel yang sesuai

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	.	eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller	**Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi **Tugas:** Pemberian tugas terkait instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller.		
3.6. Menentukan program pengendalian system otomasi industry dengan mikrokontroller. 4.6. Mengoperasikan rangkaian pengendalian dengan menggunakan mikrokontroller	• Penggunaan aplikasi compiler program • Antar muka system kendali berbasis mikrokontroller : Port parallel dan serial, komponen komunikasi antar muka, Sistem komunikasi data (interfacing) dengan mikrokontroller • Implementasi Sistem Mikrokontroller dalam system otomasi industry: aplikasi antar muka seven segment, LCD, matrix LED,relay, driver Motor Stepper, Servo Motor, DC	**Mengamati :** • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Menanya :** Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara	**Kinerja :** • Pengamatan sikap kerja • Pengamatan kegiatan proses belajar dalam menggunakan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller. **Tes:** Tes lisan, tertulis, dan	4 x 6 JP	• Syahban Rangkuti. (2011).Mikrokontroller Atmel AVR, Bandung: Informatika • Widodo Budiharto. (2005). Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler. Jakarta: Elek Media Komputindo • Data sheet manual mikrokontroller

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	Brushless,Sensor, ADC, PWM **Project work** : membuat aplikasi antar muka dengan mikrokontroller.	aktif dan mandiri tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Mengeksplorasi:** Mengumpulkan data/informasi yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang : • Instruksi dan logika, algoritma pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan **Mengasosiasi :** Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnyanya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan : • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang	praktek terkait dengan instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller untuk keperluan pengendalian system otomasi. **Fortofolio:** Setelah menyelesaikan tugas pekerjaan, peserta didik harus menyerahkan laporan pekerjaan secara tertulis dan presentasi **Tugas:** Pemberian tugas terkait instruksi pemrograman dan penerapan mikrokontroller.		Buku referensi dan artikel yang sesuai

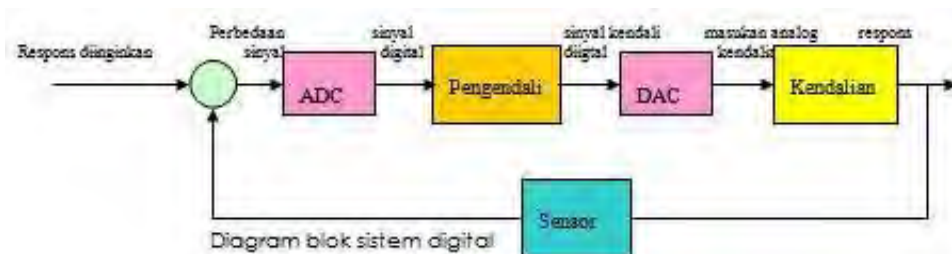
Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		ketenagalistrikan. **Mengkomunikasikan :** Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang: • Instruksi dan logika pemrograman mikrokontroller • Penerapan mikrokontroller pada system otomasi industry bidang ketenagalistrikan			

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan belajar 1. Merancang rangkaian Digital

A. Uraian Materi

Pada kegiatan belajar sebelumnya di kelas X,kalian sudah belajar tentang mengurai rangkaian digital yang ada pada buku bahan ajar dasar dan pengukuran 2. Pembahasannya dimulai dari pengertian digital,sistem bilangan, gerbang logika, aljabar boolean,rangkaian flip-flop dan register. Pada kegiatan belajar 1 ini kalian diarahkan untuk mampu merancang rangkaian digital, dari mulai logika dasar sederhana sampai dengan rangkaian kontrol berbasi mikrokontroler dengan mengikuti kaidah atau aturannya.

Didalam penggunaan sistem kontrol digital, rangkaian pengendali (controller) atau otaknya dipergunakan rangkaian logika, komputer , mikroprosesor dan mikrokontroler. Dapat diamati pada gambar di bawah ini:

Gambar 1.1 Diagram blok sistem digital

1. Merancang Rangkaian Digital

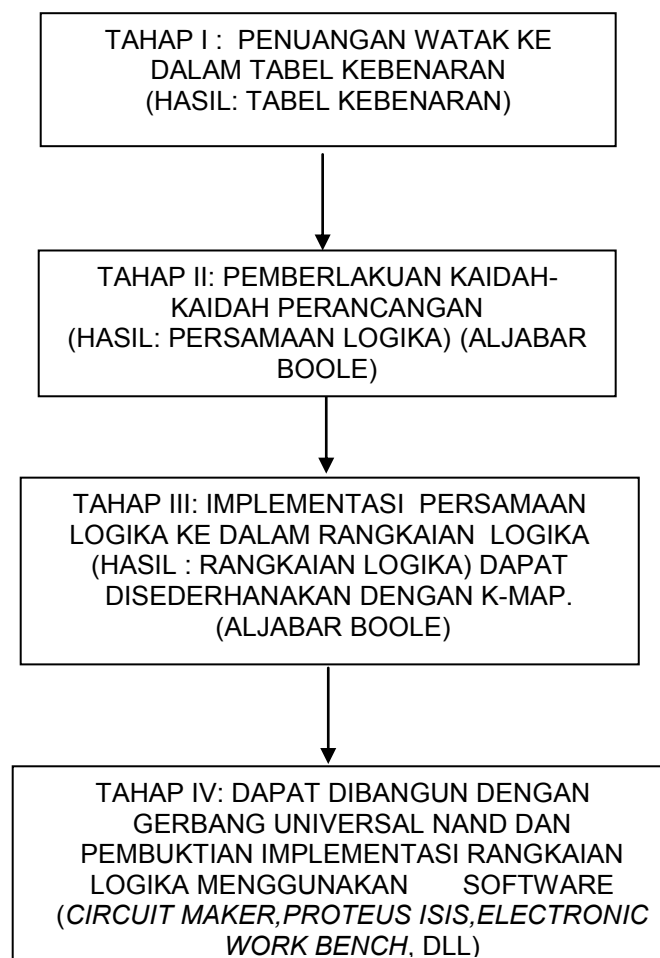
Perancangan rangkaian digital/logika tidak akan memberi manfaat yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari jika tidak dikaitkan dengan aplikasi rangkaian digital/logika. Kegiatan perancangan rangkaian digital /logika pada dasarnya merupakan kegiatan mengimplementasikan atau merealisasikan rangkaian digital/logika atas dasar adanya karakteristik atau watak yang diinginkan.

Dengan memahami berbagai representasi besaran digital dalam bidang elektronika tersebut, kalian diharapkan memiliki kemampuan mengidentifikasi besaran digital dalam kehidupan sehari-hari dan dapat menyatakan dalam besaran biner 0 dan 1 , ke dalam bentuk representasi yang sesuai. Dengan kemampuan itu pada akhirnya kalian akan memperoleh kemudahan di dalam melakukan proses perancangan rangkaian digital/logika.

Kegiatan perancangan rangkaian logika dapat diimplementasikan dengan mengikuti tahapan-tahapan seperti gambar diagram alir 1.2 dibawah ini:

PERANCANGAN RANGKAIAN LOGIKA/DIGITAL

KEGIATAN MENGIMPLEMENTASIKAN ATAU MEREALISASIKAN RANGKAIAN LOGIKA BERDASARKAN KARAKTERISTIK /WATAK YANG DIINGINKAN.

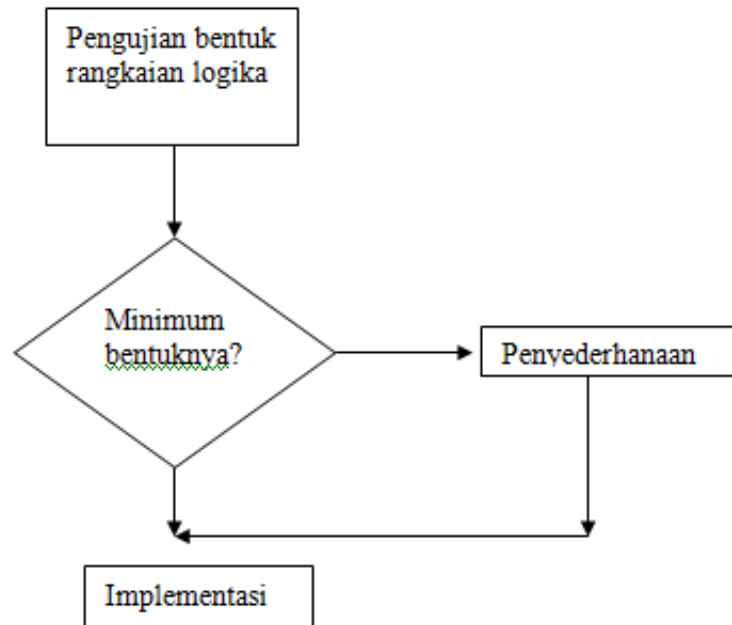
TAHAP PERANCANGAN RANGKAIAN LOGIKA

Gambar 1.2 Tahap perancangan rangkaian logika

Tahap akhir proses perancangan rangkaian logika akan dihasilkan persaman logika. Dalam hal ini setiap persamaan logika yang akan diimplementasikan perlu diuji terlebih dahulu bentuk minimumnya.Implementasi persamaan logika ke dalam bentuk rangkaian logika pada dasarnya dapat dilakukan jika persamaan nya sudah dalam bentuk minimum.

Tahap minimalisasi rangkaian logika diperlukan agar diperoleh rangkaian dengan watak yang sama namun dengan jumlah gerbang yang paling sedikit. Karena rangkaian dengan jumlah gerbang yang paling sedikit akan lebih murah harganyan dan segi tata letak komponennya akan lebih sederhana..

Metode pengujian bentuk minimum dari persamaan logika maupun prosedur minimalisasi rangkaian logika dengan menggunakan aljabar Boolean.

Untuk mempermudah proses implementasi,langkah pertama yang perlu dilakukan dengan mengasumsikan bahwa setiap rangkaian logika memiliki bentuk yang tidak efisien. Selanjutnya dilakukan pengujian bentuk minimumnya,jika belum minimum diteruskan dengan penyederhanaan dan akhirnya diimplementasikan..

Diagram alir proses implementasi persamaan logika “Terlebih dahulu dilakukan pengujian bentuk minimum dari persamaan yang akan dimplementasikan,selanjutnya jika bentuknya belum minimum,persamaan disederhanakan terlebih dahulu dan diteruskan dengan implementasi”.

Gambar 1.3 Diagram alir proses implementasi persamaan logika

Contoh soal perancangan rangkaian kendali, penyelesaiannya mengikuti langkah-langka diagram alir proses implementasi persamaan logika.

1. Rancanglah dari pernyataan ini:

   Sebuah rangkaian control mempunyai dua buah tombol A dan B yang dihubungkan dengan sebuah silinder, silinder akan bergerak maju jika hanya tombol A saja yang ditekan.

   Cara menjawab soal ini harus mengikuti tahapan perancangan

   Tahap 1: Menuangkan watak/karakteristik ke dalam tabel kebenaran

   Tahap 2: Menerapkan kaidah-kaidah aljabar boolean dalam perancangan rangkaian logika Dari hasil tabel kebenaran hanya output yang berlogik 1 yang dimasukkan pada rumus

   Tahap 3: Mengimplementasikan persamaan logika ke dalam rangkaian logika, sederhanakanlah persamaan tersebut jika persamaan tidak sederhana

   Tahap 4: Buatlah gerbang tersebut dari gerbang Universal NAND

Jawab:

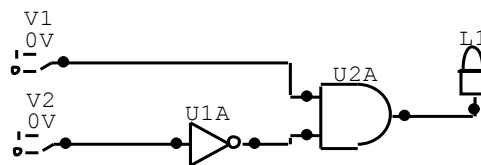
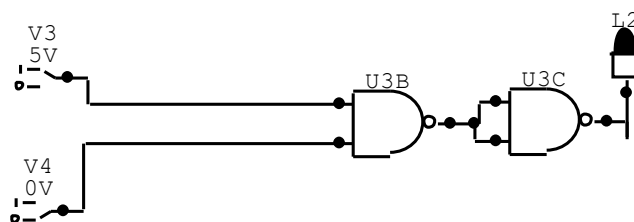
Tahap 1: Menuangkan watak/karakteristik ke dalam tabel kebenaran

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Tahap 2: Menerapkan kaidah-kaidah aljabar boolean dalam perancangan rangkaian logika

Dari hasil tabel kebenaran hanya output yang berlogik 1 yang dimasukkan pada rumus maka:

$F = A . \overline{B}$

Tahap 3: Mengimplementasikan persamaan logika ke dalam rangkaian logika

Tahap 4: Rangkaian logika dibangun dari gerbang universal gerbang NAND

2. Rancanglah rangkaian logika dari pernyataan ini:

   Suatu tempat pencampuran bahan (mixing) untuk minuman terdiri dari A= gula, B = kopi dan C = susu. Alat mixing akan aktif jika bahan yang dimasukkan terdiri dari gula dan kopi, gula dan susu, kemudian gula ,kopi dan susu,

   Buatlah implementasi dari gerbang logika

Jawaban:

Tahap 1: Menuangkan watak/karakteristik ke dalam tabel kebenaran

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Tahap 2: Menerapkan kaidah-kaidah aljabar boolean dalam perancangan rangkaian logika:

$$F = A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

Dari persamaan diatas dapat di sederhanakan dengan Ajlabar Boolean atau dengan K-Map

a. Dengan Aljabar Boolean

$$F = A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC + ABC$$

$$F = A\overline{B}C + ABC + AB\overline{C} + ABC$$

$$F = AC(\overline{B} + B) + AB\overline{C} + ABC$$

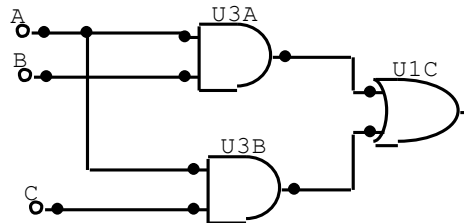
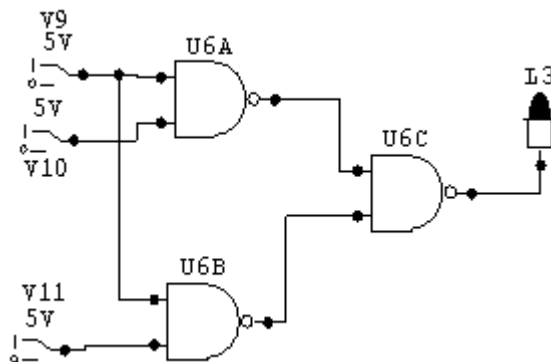
$$F = AC + AB\left(C + \overline{C}\right)$$

$$F = AC + AB$$

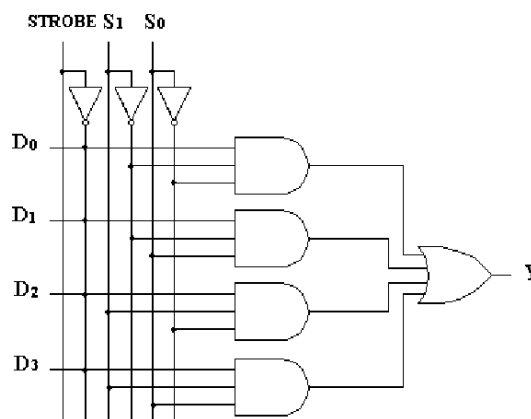
b. Dengan K-map

$$F = A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$$

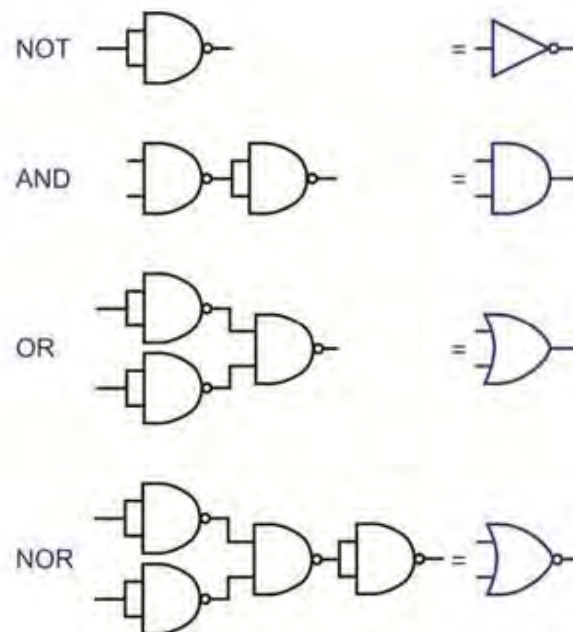
$$F = AC + AB$$

Tahap 3: Mengimplementasikan persamaan logika ke dalam rangkaian logika

Tahap 4: Buatlah gerbang tersebut dari gerbang NAND

Tugas 1:

Jika dipasaran tidak ditemukan IC gerbang AND, OR dan NOT, Gerbang apakah yang dapat menggantikan gerbang tersebut dengan fungsi yang sama?

Perhatikan gambar dibawah ini!

Gambar 1.4 Gerbang kombinasional

Buatkan lah gerbang persamaan dari gambar di atas dari gerbang universal NAND, pelajari kembali buku bahan ajar dasar dan pengukuran 2 tentang kegiatan belajar materi digital tentang gerbang universal!

Coba kalian amati pengubah/konversi gerbang dasar menjadi gerbang NAND.

Gambar 1.5 Gerbang universal NAND

2. Membuat Rangkaian Digital dengan bantuan Software Circuit Maker

2.1 Program Circuit Maker

Circuit Maker adalah program Software yang dibuat untuk memudahkan dalam merancang rangkaian elektronik baik analog ataupun digital. Pada modul ini circuit maker dipilih Karena dapat membantu kita untuk menyelesaikan perancangan elektronika digital dalam hal membuat desain rangkaian. Banyak kelebihan yang dimiliki dapat menggambar rangkaian dan sekaligus menjalankan atau mensimulasikan rangkaian tersebut. Salah satu fasilitasnya adalah dapat membuat rangkaian elektronika digital dan mensimulasikannya.Memulai circuit maker

1. Untuk menjalankan program CM dapat langsung klik ganda ikon shortcut CM yang dibuat di Desktop

2. Cara lainnya kita menjalankan menu Start, pilih menu program, kemudian pilih program,kemudian pilih Circuit maker 5.0 dan terakhir pilih Circuit Maker.

2.2 Istilah-istilah Pada lembar Kerja

Setelah kita memulai Circuit Maker, pada layar monitor akan tampil gambar seperti di bawah ini.berikut ini penjelasan mengenai hal-hal yang ada pada dalam lembar kerja Circuit Maker,seperti:

- Main Menu
- Lajur judul
- Toolbar
- Scroll bar

2.3 Main Menu

Main menu terdiri atas dua bagian,yaitu title bar dan menu bar,Title bar berisii informasi tentang proyek yang sedang dikerjakan Circuit maker sedangkan menu bar menampilkan menu yang berisi perintah dari Circuit Maker,seperti:

- **File**, untuk mengelola file dalam program Circuit Maker
- **Edit**, untuk editing skema rangkaian dalam lembar kerja Circuit Maker
- **Options**, untuk kelengkapan dari lembar kerja
- **View**, untuk mengatur tampilan yang akan tampak pada lembar kerja circuit Maker
- **Hotkeys 1**, untuk memanggil komponen-komponen yang berinisial angka 0 sanpai huruf i dari komponen yang ada dalam daftar pustaka Circuit Maker.
- **Hotkeys 2**, untuk memanggil komponen-komponen yang berinisial huruf 1 sanpai huruf z dari komponen yang ada dalam daftar pustaka Circuit Maker.

2.4 Toolbar

Toolbar berisi ikon-ikon untuk mengakses perintah Circuit Maker yang dapat digunakan secara mudah dan cepat.

Gambar 1.6 Toolbar pada Software Circuit Maker

Beberapa tombol ikon yang ada didalam toolbar pada program Circuit Maker berguna untuk memudahkan kita dalam menjalankan beberapa perintah yang biasa kita lakukan agar dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.

- **New** : untuk Lembar kerja baru
- **Open**: untuk membuka file yang telah tersimpan
- **Save**: untuk menyimpan gambar rangkaian yang telah di buat
- **Print Circuit**: untuk mencetak rangkaian yang ada pada lembar kerja
- **Arrow Tool**: untuk mengubah kursor dalam bentuk anak panah yang berguna untuk memilih, memindahkan , mengubah keadaan saklar dan mengedit suatu komponen.
- **Wire Tool**: untuk memilih kursor agar berbentuk anak panah , yang berfungsi untuk membuat sambungan kabel dari tiap-tiap komponen yang ada pada rangkain.
- **Text Tool**: untuk menempatkan nama teks dalam rangkaian
- **Delete tool**: untuk menghapus komponen atau kabel yang ada pada lembar kerja
- **Naming Tool**: untuk memberi nama pada komponen input ,output, nomor kabel pada Bus,dan nomor sambungan kebel Bus.
- **Zoom Tool**: untuk memperbesar atau memperkecil tampilan gambar kita
- **Rotate 90 button**: untuk memutar komponen sejauh 90 derajat

- **Mirror Button**: untuk membalikkan komponen dengan cara dicermika terhadap garis vertical.
- **Digital/Analog button**: untuk memilih mode simulasi yang akan dijalankan apakah rangkaian yang dibuat rangkaian digital atau analog.
- **Reset Button**: untuk mengawali simulasi dan membuat nomor simpul dari rangkaian
- **LangkahButton**: untuk menjalankan simulasi sebanyak satu langkah .
- **Run/Stop button**: untuk menjalankan simulasi
- **Probe Tool**: untuk melihat keadaan logika pada suatu simpul di dalam rangkaian.
- **Trace Button**: untuk melacak level logika (high,low atau tidak pada keduanya) pada tiap-tiap sambungan kabel dalam rangkaian.
- **Waveforms Button**: Toolbar untuk menampilkan atau menyembunikan jendela penampil bentuk gelombang.
- **Macro Button**: untuk membuat dan mengedit komponen makro namun pada CM versi 5 macro Button tidak dapat aktifkan.
- **Help Tool**: untuk mendapatkan informasi item yang kita pilih.

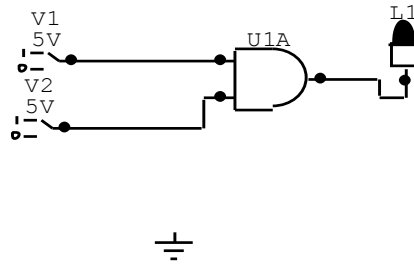
2.5 Tipe- tipe komponen dalam daftar pustaka:

Komponen tipe Analog: dapat digunakan dengan analog simulator

- Komponen tipe Digital: dapat digunakan digital simulator
- Komponen tipe campuran: dapat digunakan bersama analog maupun digital simulator
- Komponen tipe skema: hanya skema, tidak digunakan dalam simulasi

2.6 Pembuatan dan Pensimulasian Rangkaian Gerbang Dasar

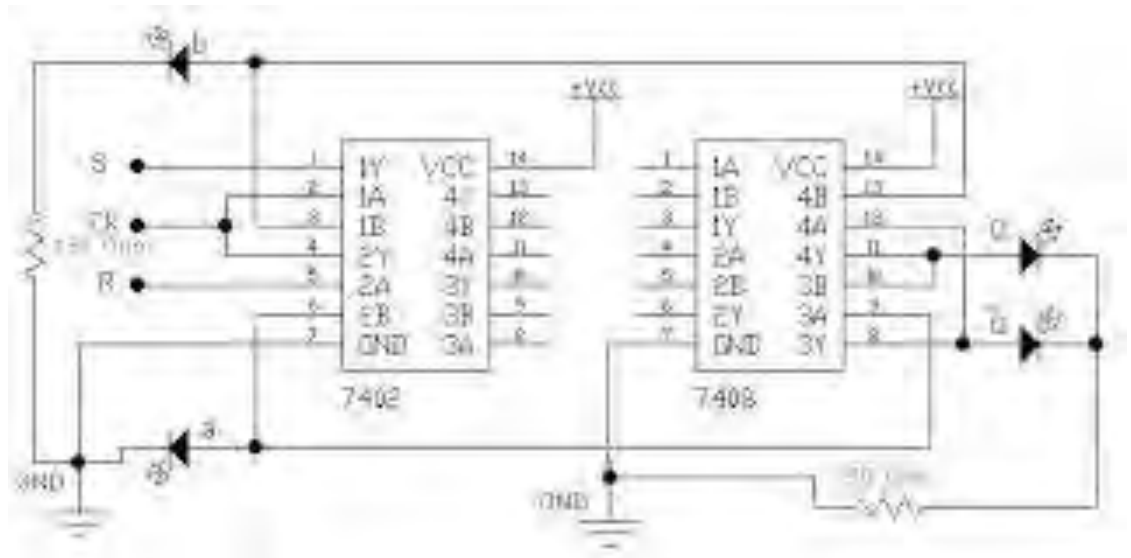
2.6.1 Pembuatan Skema Rangkaian Gerbang Dasar

Untuk memahami cara menggunakan program Circuit Maker dalam membangun rangkaian dengan mudah dan jelas, marilah kita membangun sebuah rangkaian yang ditunjukkan seperti pada gambar di bawah ini:

Gambar 1.7 Rangkaian gerbang AND

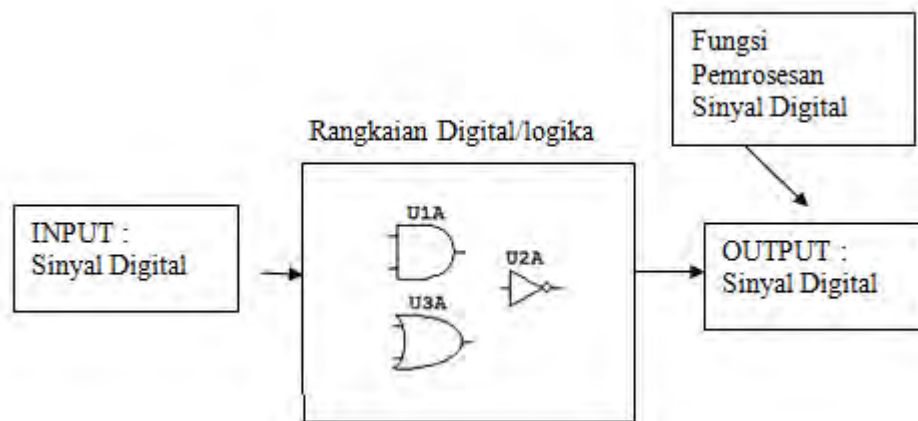
1. Klik tombol New pada Toolbar untuk membersihkan lembar kerja pilih Browse … dari menu Hotkey1 atau klik pada tombol komponen yang ada pada toolbar.Kotak dialog Device Selection, Suatu komponen dapat ditemukan dengan menu hotkeys atau dapat dipilih dengan mudah menekan tombol tertentu pada keyboard
2. Marilah kita mulai mencari symbol gerbang dasar AND pada hotkey ,Klik tombol "Select"untuk memilih komponen ini dari pustaka. Letakkan gerbang AND pada lembar kerja.
3. Pilih Switch logic pada hotkey sebagai input untuk gerbang AND.
4. Pilih led logic display pada hotkey sebagai output untuk gerbang AND.
5. Pilih Ground dengan menekan tombol hotkey 0 pada keyboard
6. Sambungkan kaki-kaki pada komponen sehinga terangkai menjadi satu kesatuan dengan metode otomatis dapat dilakukan dengan sangat mudah. Caranya, pilih Wire Tool (Ikon yang berbentuk "+") dalam toolbar.
7. Kemudian Save rangkaian yang telah dibuat
8. Sebelum menjalankan simulasi harus diperhatikan pada toolbar gambar tombol Analog/Digital, klik gambar digital pada **tool bar** karena gambar yang dibuat adalah rangkaian digital.

9. Klik RUN dalam toolbar untuk memulai menjalankan simulasi.
10. Klik pada tombol Trace.. didalam toolbar untuk melihat keadaan logika pada setiap kabel di dalam rangkaian ini.
11. Klik pada tombol Stop di dalam toolbar untuk menghentikan simulasi.

Tugas 2

Buatlah oleh kalian gambar rangkaian seperti dibawah ini menggunakan software circuit maker

1. Identifikasi komponen apa saja yang ada pada gambar diatas
2. Setelah dirangkai, coba kalian ingat kembali fungsi dari rangkaian apakah gambar diatas?

3. Rangkaian Kombinasional Pemroses sinyal digital

Logika kombinasi merupakan salah satu jenis rangkaian logika yang keadaan outputnya hanya tergantung pada kombinasi input-inputnya saja. Dan tidak tergantung pada keadaan output sebelumnya. Oleh karena outputnya tidak tergantung pada keadaan output sebelumnya, logika kombinasi disebut juga rangkaian logika yang outputnya tidak tergantung pada waktu. Rangkaian kombinasi dapat difungsikan sebagai rangkaian pemroses sinyal digital.

Gambar 1.8 Hubungan rangkaian logika dengan rangkaian pemroses sinyal digital

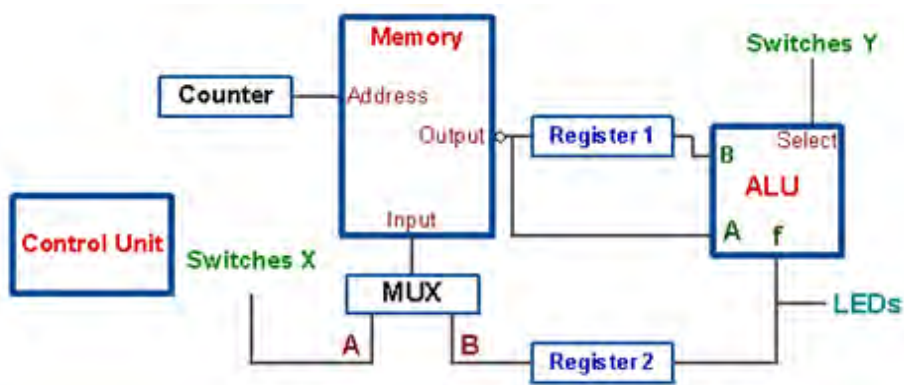
Gambar 5.1 terlihat bahwa baik input maupun output rangkaian digital merupakan sinyal digital dan outputnya memberikan funsi pemrosesan sinyal digital. Rangkaian digital yang dapat berfungsi sebagai pemroses sinyal digital adalah rangkaian aritmatika (Adder /Subtraktor), pemilihan data digital (multiplexing),pendistribusian data digital (demultiplexing),pengkodean data (encoding),dan penafsiran data (decoding).

3.1 Rangkaian Aritmatika

Pernahkah kalian membayangkan bagaimana rangkaian sistem hitung digital seperti kalkulator? Secara umum kalkulator bekerja melakukan perhitungan matematika atau aritmatika seperti penjumlahan,pengurangan,perkalian dan pembagian. Rangkaian aritmetik merupakan hal yang umum dalam banyak sistem digital. Penggabungan rangkaian logika sederhana dapat dirangkai menjadi rangkaian yang dapat menambahkan, mengurangkan ,mengalikan dan membagi suatu bilangan.

Gambar 1.9 kalkulator

Tugas:

Coba kalian amati dari blok diagram kalkulator di bawah ini!

Gambar ini merupakan Blok diagram ikalkulator dengan RAM 16x4, tugas kalian adalah

1. Mengidentifikasi masing-masing blok diagram tersebut
2. Menjelaskan fungsi masing-masing tiap blok
3. Menjelaskan cara kerja secara garis besar bagaimana kalkulator tersebut bekerja!

3.1.1 Binari Adder

Binari adder atau sering kita istilahkan penjumlah biner, terdapat dua macam penjumlah yaitu Half adder dan full adder. Dasar penjumlahan biner telah kita pelajari pada bab terdahulu yaitu 0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1, 1 + 0 = 1 dan 1 + 1 = 10 . Dari operasi 3 yang pertama diperoleh hasil satu digit atau sering disebut dengan sum, sedangkan hasil yang terakhir

terdiri dari dua digit yaitu sum untuk digit terkecil dan carry untuk digit yang terbesar.

Bila rangkaian kombinasi penjumlahan dari 2 bit, maka rangkaian penjumlah disebut dengan Half Adder dan bila rangkaian kombinasi penjumlahan dari 3 bit yang terdiri dari 2 bit data yang dijumlahkan dan satu bit carry dari penjumlah sebelumnya maka angkaian disebut Full Adder.

3.1.2 Half Adder

Penjumlahan dalam bilangan biner telah disebutkan diatas dan bila kita tabelkan akan kita peroleh sebagai berikut:

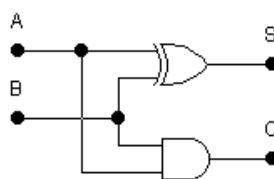
Tabel 5. 1 Half Adder

A	B	Carry	Sum
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Dari table Sum merupakan hasil jumlah A dan B sedangkan C merupakan carry saat A=1 dan B=1, jika kita perhatikan kondisi Sum selama penjumlahan ternyata saat A=B, Sum =0 dan saat A $\neq$ B, Sum=1 dengan demikian Sum (S) adalah fungsi EXOR. Sedangkan Carry (C) merupakan fungsi AND, sehingga persamaan dapat dituliskan:

$$S = A \oplus B$$

$$C = A \bullet B$$

Secara rangkaian Half Adder dapat digambarkan sebagai berikut

Gambar 1.10 Rangkaian Half Adder

3.1.3 Binari Full Adder

Kalau pada Half Adder carry input (Ci) yang asalnya dari Adder sebelumnya tidak diikutkan dalam penjumlahan, sedangkan pada Full Adder secara prinsip sama dengan Half Adder akan tetapi terdapat 3 variabel input. Yaitu terdiri dari 2 bit data (A dan B) yang dijumlahkan dan 1 bit carry (Ci) yang berasal dari adder sebelumnya. Sedangkan pada bagian output terdapat Sum (S) dan carry out (Co). Bila kita tabelkan akan kita peroleh sebagai berikut:

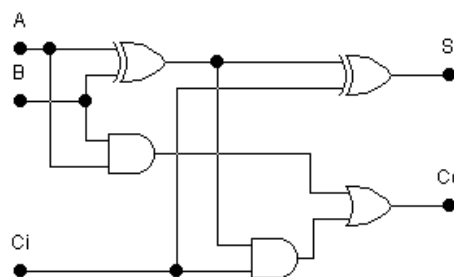
Tabel 5. 2 Tabel Kebenaran Full Adder

A	B	Ci	Co	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

Dari table Sum merupakan hasil jumlah A, B dan Ci sedangkan Co merupakan carry out dari penjumlahan, jika kita perhatikan kondisi Sum selama penjumlahan ternyata merupakan fungsi EXOR dari A, B dan Ci. Sedangkan carry out (Co) merupakan fungsi AND dari A dan B atau AND dari Ci dan hasil jumlah A dan B. Sehingga persamaan dapat dituliskan:

$$S = A \oplus B \oplus Ci$$

$$Co = (A \bullet B) + Ci(A \oplus B)$$

Secara rangkaian Full Adder dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1.11 Rangkaian Full Adder

3.1.4 Half Subtractor

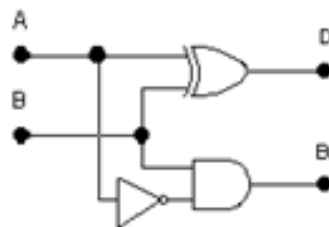
Hampir sama dengan penjumlahan dalam bilangan biner, tetapi pada subtractor hasil merupakan perbedaan yaitu bila A ≠ B maka terdapat beda (D = 1). Dan bila A=B maka tidak ada beda maka D=0, sedang Br merupakan pinjaman dari bit diatasnya bila A<B maka Br akan 0 dan akan 1 bila terjadi sebaliknya . Bila kita tabelkan akan kita peroleh sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Tabel Kebenaran Half Subtractor

A	B	Br	D
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

Dari table D merupakan hasil kurang A dan B sedangkan Br merupakan pinjaman saat A<B, jika kita perhatikan kondisi D=0 selama A=B, dan D=1 saat A ≠ B dengan demikian Sum (D) adalah fungsi EXOR. Sedangkan Br merupakan fungsi AND dari not A dan B, sehingga persamaan dapat dituliskan:

$$D = A \oplus B$$
$$Br = \overline{A} \bullet B$$

Secara rangkaian Half Subtractor dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1.12 Rangkaian Half Subtractor

3.1.5 Binari Full Subtractor

Pada Full Subtractor dilengkapi dengan input Borrow (Bi) dan output borrow (Bo), secara prinsip sama dengan Full Adder yaitu terdapat 3 variabel input. Terdiri dari 2 bit data (A dan B) yang dikurangkan dan 1 bit borrow (Bi) yang berasal dari subtractor sebelumnya. Sedangkan pada bagian output terdapat beda (D) dan Borrow out (Bo). Bila kita tabelkan akan kita peroleh sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Tabel Full Subtractor

A	B	Bi	Bo	D
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

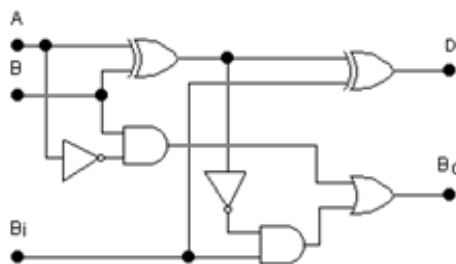
Dari table persamaan dapat dituliskan, sebagai berikut:

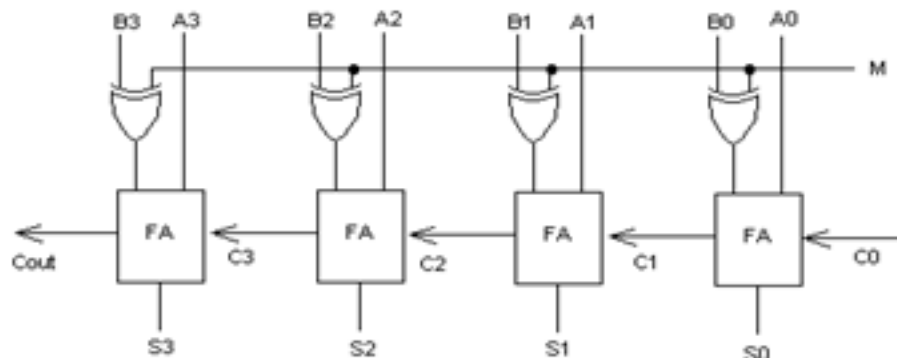
$$D = \overline{A}\,\overline{B}\,Bi + \overline{A}\,B\,\overline{Bi} + A\,\overline{B}\,\overline{Bi} + A\,B\,Bi$$

$$D = A \oplus B \oplus Bi$$

$$Bo = \overline{A}\,\overline{B}\,Bi + \overline{A}\,B\,\overline{Bi} + \overline{A}\,B\,Bi + A\,B\,Bi$$

$$Bo = \overline{A}\,B + Bi\,(\overline{A \oplus B})$$

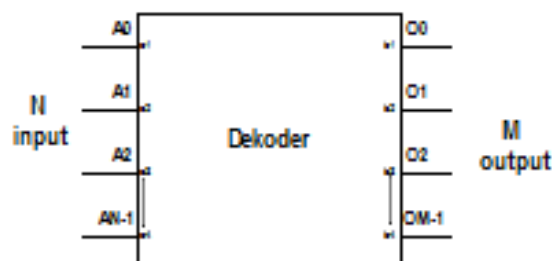
Secara rangkaian Full Subtractor dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1.13 Rangkaian Full Subtractor

Agar Full Adder dan Full Subtractor dapat dirangkai menjadi satu sistem rangkaian Adder/Subtractor, maka dapat digunakan Full Adder dengan menambahkan gerbang EXOR pada variabel B dan kontrol M. Dimana saat M=0 maka rangkaian berfungsi sebagai Adder dan saat M=1 rangkaian berfungsi sebagai Subtractor, secara blok diagram digambarkan sebagai berikut:

Gambar 1.14 Rangkaian Adder/Subtractor 4 Bit

3.2 Rangkaian Dekoder dan Encoder

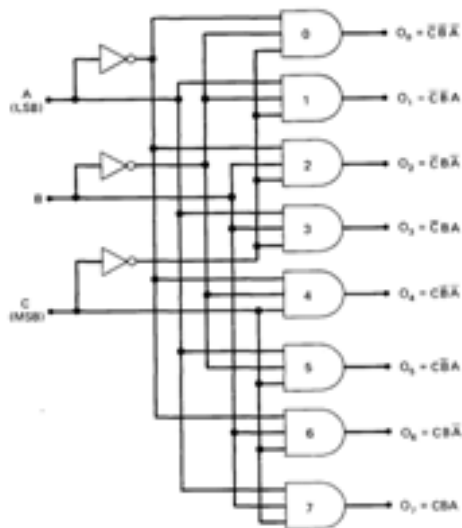
3.2.1 Dekoder

Dekoder merupakan rangkaian logika yang befungsi mengkode ulang atau menfsirkan kode-kode biner yang ada pada inputnya menjadi data asli pada outputnya.

Dekoder adalah rangkaian yang mengubah N-bit input biner dikodekan ke dalam M saluran output dimana hanya satu yang dapat diaktifkan melalui kombinasi input. Setiap input dapat berlogika 0 (nol) atau 1 (satu), berikut adalah diagram decoder dengan N-input dan M-output:

Gambar 1.15 Blok Diagram Dekoder

Pada dekoder hanya satu saluran output yang bisa diaktifkan, misalkan terdapat 2 input maka kemungkinan jumlah output adalah sebanyak kombinasi yaitu 4 output. Apabila kedua input berlogika 0(nol) maka saluran yang aktif adalah O_0 dengan logika 1 sedangkan saluran output yang lain akan berlogika 0(nol), begitu pula bila kedua input berlogika 1 maka saluran yang aktif adalah O_3 dengan logika 1 dan saluran output lainnya akan berlogika 0.

Banyak IC dirancang sebagai decoder dengan output aktif berlogika 0(nol), dan beberapa decoder tidak memanfaatkan seluruh kombinasi input, sebagai contoh BCD (Biner Code Decimal) memiliki 4 input yang seharusnya jumlah output adalah 16 saluran akan tetapi hanya menggunakan 10 saluran yaitu kombinasi input 0000 s/d 1001.

Gambar 10 merupakan rangkaian logika sebuah decoder dengan 3 input dan memiliki 8 output yang dibangun dari gerbang dasar AND dan NOT (3 line to 8 line decoder).

Gambar 1.16 Rangkaian Dekoder 3 Input-8 Output

Tabel 5.5 Tabel Kebenaran Decoder 3 line -8 line

C	B	A	O_0	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Contoh 1:

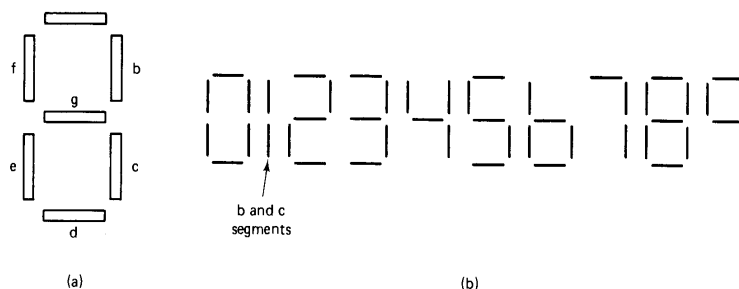
Berapa gerbang logika dibutuhkan untuk membangun 4 line - 16 line decoder dengan aktif low pada output dan berapa macam gerbang dibutuhkannya?

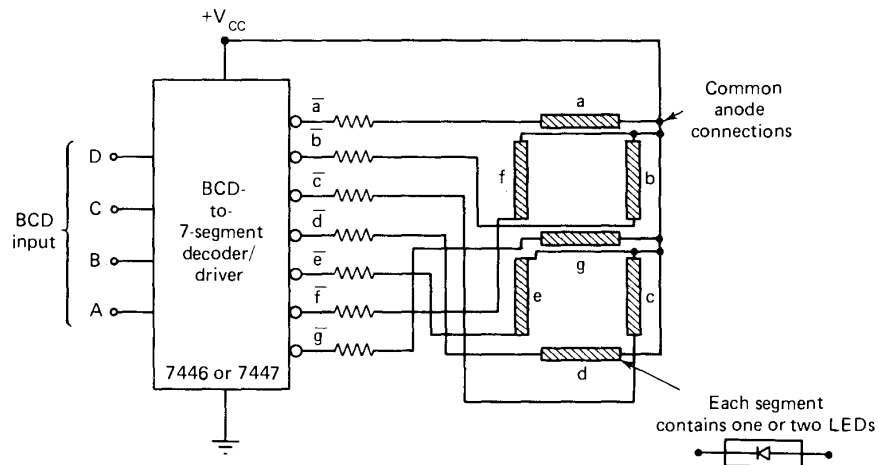
Jawaban:

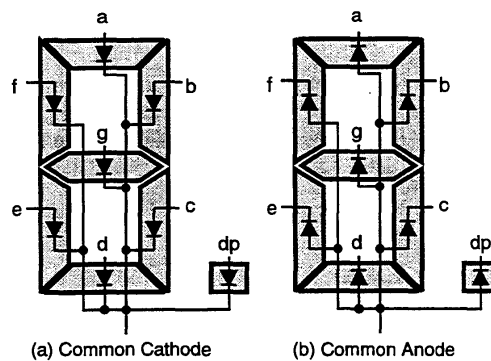
Oleh karena diinginkan aktif low pada output, maka kondisi normal output adalah high. Untuk itu dibutuhkan 16 gerbang NAND dengan 4 input dan 4 gerbang NOT

3.2.2 Dekoder BCD ke 7 Segmen

Banyak penampil bilangan menggunakan 7 segmen untuk menampilkan karakter berupa bilangan 0 s/d 9 dan terkadang karakter hexadesimal A – F, setiap segmen terbuat dari LED dan akan menyala bila arus melaluinya.

Berikut menunjukan pola 7 segmen yang dapat menampilkan berbagai angka, sebagai contoh untuk menampilkan angka 6 maka segmen yang menyala adalah c, d, e, f, g dan segmen yang mati adalah a dan b.

Gambar 1.17 Penampilan 7 Segmen

Gambar 5.10 menunjukan sebuah dekoder dan driver dari BCD ke 7 segmen TTL 7448 atau 7447 yang disambungkan pada penampil 7 segmen, dimana setiap segmen dapat terdiri dari 1 LED atau 2 LED dan semua anode LED dihubungkan dengan Vcc +5 volt. Sedangkan kathode disambungkan ke output dekoder/driver melalui resistor yang berfungsi sebagai pembatas arus penyalaan LED.

Gambar 1.18 Dekoder ke 7 Segmen

Terdapat dua macam hubungan antara dekoder/driver dengan 7 segmen, yaitu Katode bersama dan anode bersama hal ini tergantung jenis dekoder/driver yang digunakan.

Gambar 1.19 Dua Macam 7 Segmen

Seven segmen terdiri dari beberapa led,coba kalian amati gambar diatas, kemudian pada tugas berikut ini

Tugas:

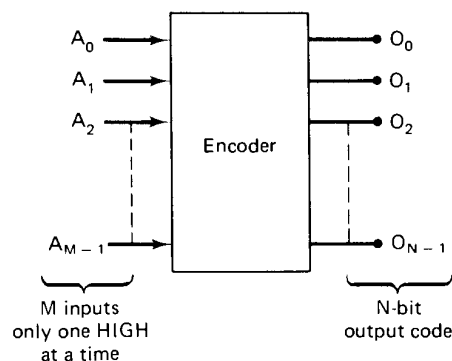
Mengapa nilai tahanan yang diperlukan untuk dihubungkan ke LED besaran tahanannya berkisar antara 150Ω, 220Ω atau 330Ω,coba berikan alasannya! Dengan dibuktikan dengan perhitungan!

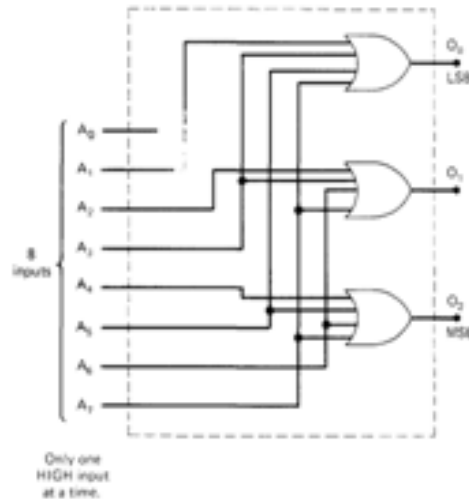
Coba kalian pelajari kembali materi tentang dioda yang ada pada buku dasar dan pengukuran 2,tentang LED!

Tugas:

Pada saat ini banyak sekali perkembangan lampu LED dibandingkan dengan lampu TL dan LCD,coba kalian cari tahu saat ini TV LED dan TV LCD, berikan beberapa alasan mengapa konsumen lebih memilih TV LED, dibandingkan TV LCD atau TV Plasma!

3.2.3 Enkoder

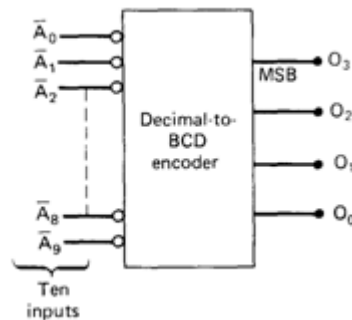
Enkoder adalah rangkaian logika yang berfungsi mengubah data yang ada pada inputnya menjadi kode-kode biner pada outputnya. Enkoder `merupakan kebalikan dari dekoder, yaitu memiliki beberapa saluran input dan hanya satu saluran input yang dapat berhubungan dengan kombinasi beberapa saluran output. Gambar 20 berikut merupakan prinsip dasar enkoder dengan sejumlah M input dan sejumlah N output, pada input hanya satu saluran yang diijinkan pada kondisi High dan lainnya pada kondisi Low artinya saluran input kondisi normalnya adalah Low.

Gambar 1.20 Diagram Enkoder

Kita ambil contoh sebuah dekoder biner ke oktal, memiliki 3 kode input biner dan dapat mengaktifkan satu dari 8 saluran output. Sedangkan enkoder merupakan kebalikannya yaitu oktal ke biner, memiliki 8 input yang boleh High salah satu dan menghasilkan 3 binaari output.

Gambar 1.21 Enkoder Oktal ke Biner

Tabel 5. 5 Tabel Kebenaran Enkoder Oktal ke Biner

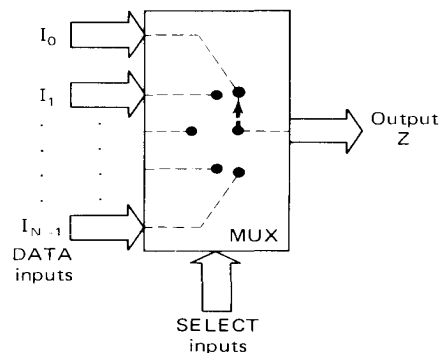
A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	O_0	O_1	O_2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Dari tabel dapat dilihat bahwa saat A_2 = 1, maka output yang dihasilkan adalah 010 dan saat A_5 = 1 output yang dihasilkan adalah 101. Begitu pula untuk enkoder Desimal ke BCD pada prinsipnya sama, yaitu dengan memberikan Low pada salah satu input karena kondisi normal

High sesuai gambar 23 dan akan menghasilkan nilai BCD pada output. Sebagai contoh kita berikan signal Low pada A_7, maka pada output akan dihasilkan nilai BCD 0111 yang berarti nilai 7.

Gambar 1.22 Enkoder Desimal ke BCD

3.3 Multiplekser dan Demultiplexer

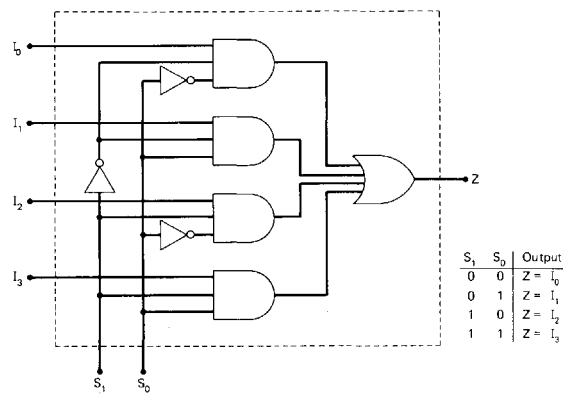
3.3.1 Multiplexer

Multiplekser adalah rangkaian logika yang memiliki beberapa saluran data input, satu saluran output dan kombinasi pemilih saluran input. Pemilih saluran input sering disebut dengan pengalamatan input (Address), sehingga melalui pemilih ini kita dapat menentukan data pada saluran input mana yang dapat disalurkan ke output.

Gambar 1.23 Multiplexer

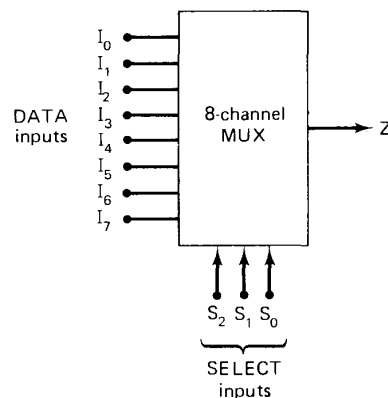
Pada gambar 5.16 ditunjukan adanya sejumlah N saluran input, satu saluran output (Z) dan pemilih saluran input (select input), sebagai contoh output Z akan memiliki data yang sama dengan data yang ada pada saluran input I_3 bilamana pemilih diset untuk memilih input I_3.

3.3.2 Empat Kanal Multiplekser

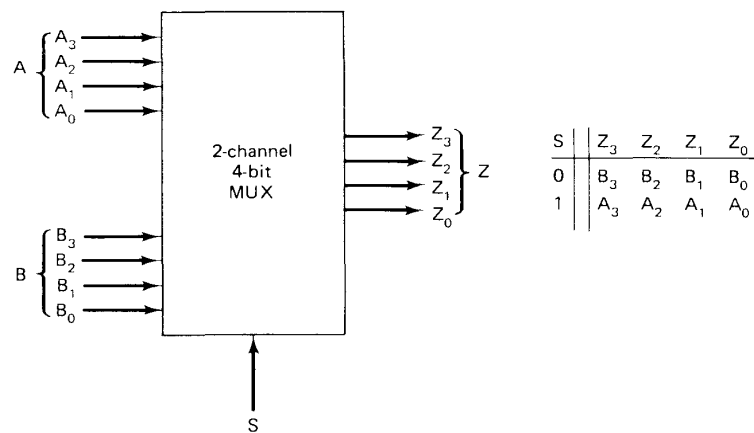
Empat kanal multiplekser merupakan pengembangan rangkaian dua input multiplekser, dimana pada saluran pemilih input bukan lagi dari 1 bit tetapi 2 bit yaitu S_1 dan S_2. Pemilihan saluran input dilakukan dengan memberikan kombinasi pada S_1 dan S_2, sedangkan kombinasi pemilih S_1 dan S_2 akan menghasilkan 4 alamat yaitu 00, 01, 10 dan 1.

Untuk multiplekser 2, 4, 8 dan 16 input saat ini dapat diperoleh dalam kemasan IC-TTL atau kemasan IC-CMOS, dalam aplikasinya kombinasi dari IC tersebut dapat digunakan untuk membuat multiplekser dengan saluran input yang banyak.

Gambar 1.24 Empat kanal Multiplexer

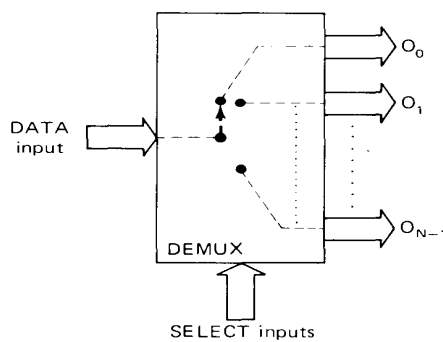
.

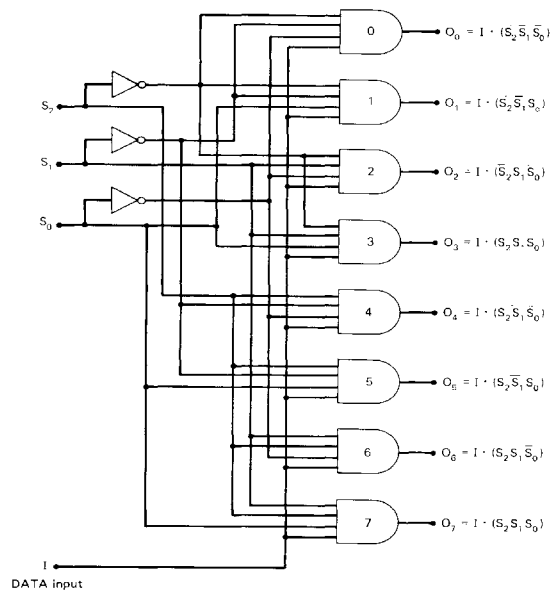
Secara blok diagram multiplekser dapat dilihat pada gambar 31 a. memberikan ilustrasi 8 kanal multiplekser dan gambae 31 b. merupakan diagram 2 kanal 4-bit multiplekser.

Gambar 1.25 8 Kanal Multiplxer

Tabel 5. 6 Switch Selektor 8 Kanal Multiplexer

S_2	S_1	S_0	Output
0	0	0	$Z = I_0$
0	0	1	I_1
0	1	0	I_2
0	1	1	I_3
1	0	0	I_4
1	0	1	I_5
1	1	0	I_6
1	1	1	I_7

Gambar 1.26 Multiplexer 2 - 4 bit

3.4 Demultiplekser (Distributor Data)

Demultiplekser merupakan kebalikan dari multiplekser, yaitu hanya memiliki satu data input, beberapa saluran output dan pemilih saluran output. Gambar berikut menunjukan blok diagram sebuah demultiplekser:

Gambar 1.27 Demultiplexer

Untuk lebih jelas kita ambil sebuah contoh rangkaian demultiplekser yang dikenal dengan 1 line to 8 line, yaitu satu saluran input ke delapan saluran output dan untuk memilih saluran

Gambar 1.28 Rangkaian Logika 1 Line to 8 Line

Output digunakan pemilih 3 bit (000 – 111). Sebagai contoh kombinasi pemilih 010, maka data input akan disalurka ke output $O_{2.}$

Tabel 5. 7 Tabel kebenaran 1 kine to 8 line

SELECT code			Outputs							
S_2	S_1	S_0	O_7	O_6	O_5	O_4	O_3	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I
0	0	1	0	0	0	0	0	0	I	0
0	1	0	0	0	0	0	0	I	0	0
0	1	1	0	0	0	0	I	0	0	0
1	0	0	0	0	0	I	0	0	0	0
1	0	1	0	0	I	0	0	0	0	0
1	1	0	0	I	0	0	0	0	0	0
1	1	1	I	0	0	0	0	0	0	0

4. Rangkaian Pembangki Pulsa / detak (Clock)

Multivibrator adalah sebuah rangkaian regenerative yang digunakan secara luas dalam aplikasi pewaktuan. Multivibrator ini adalah rangkaian yang membentuk suatu gelombang yang memberikan gelombang kotan yang semetris maupun tidak simetris. Multivibrator mempunyai dua pernyataan yaitu stable atau quasi stable tergantung pada jenis dari multivibrator.

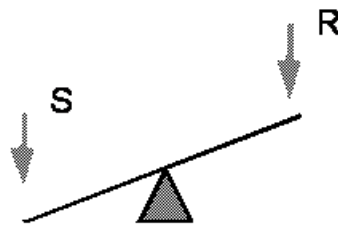
4.1 Multivibrator Monostable

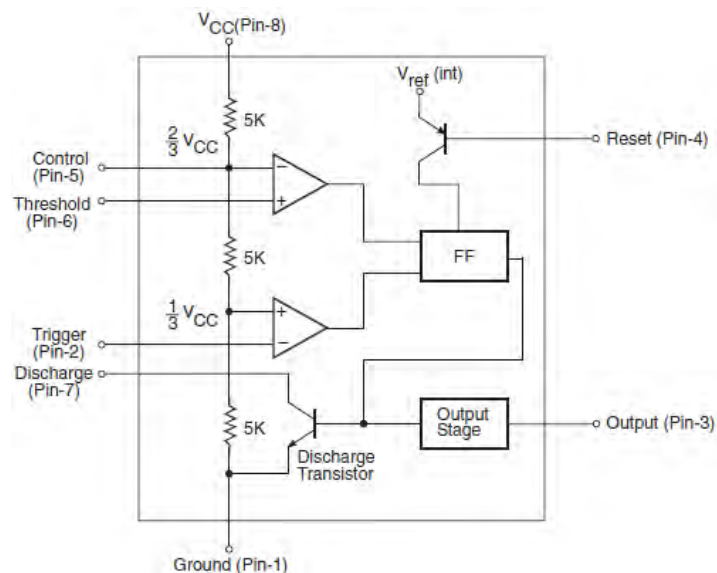
Multivibrator monostable membangkitkan pulsa tunggal dalam durasi tertentu sebagai respon pada setiap sinyal trigger eksternal. Multivibratoe jenis ini hanya kempunyai satu pernyataan stable. Aplikasi dari trigger mengaibatkan sebuah perubahan ke pernyataan quasi-stable. Sebuah sinyal eksternal trigger yang terbangkit oleh karena pengisian dan pengosogan dari kapasitor menghasilkan transisi ke pernyataan stable aslinya.

4.2 Multivibrator Astable

Multivibrator astable adalah osilator free-running yang mempunyai dua pernyataan quasi-stable. Oleh karenanya, osilasi antara dua pernyataan dan tidak ada sinyal eksternal yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan pernyataan.

4.3 Multivibrator Bistable

Multivibrator bistable adalah satu mempertahankan level tegangan output yang diberikan kecuali sebuah trigger eksternal diterapkan. Aplikasi dari sebuah sinyal trigger eksternal mengakibatkan sebuah perubahan pernyataan, dan level output ini dipertahankan secara tidak pasti sampai sebuah trigger yang kedua diterapkan. Oleh karena itu diperlukan dua trigger eksternal sebelum kembali ke pernyataan awalnya.

4.4 Multivibrator Berbasis Timer

IC timer 555 adalah salah satu yang paling banyak digunakan, rangkaian multivibrotor monostable dan astable dapat dikonfigurasi dengan IC ini dengan mudah, ini adalah alas an mengapa IC ini banyak dipakai secara luas. Gambar 10.9 menunjukkan gambar skematik internal dari timer IC 555. IC ini terdiri dari dua komparator opamp, sebuah flip-flop, transistor untuk pengosongan, tiga buah resistor dan sebuah output. Resistor mengatur tegangan referensi pada input non-inverting dari komparator bagian bawah dan input inverting dari komparator bagian atas pada (+ $V_{CC}/3$) dan (+2$V_{CC}/3$). Output dari komparator diberikan ke input SET dan RESET dari flip-flop dan ini akan menentukan status logika dari outputnya dan sub-sekuen output final. Output flip-flop komplemen memberikan tahapan output dan sebagai basis dari transistor pengosongan. Ini meyakinkan bahwa ketika output adalah HIGH transistor pengosongan adalah OFF, dan ketika output adalah LOW transistor pengosongan adalah ON. Terminal yang berbeda dari timer 555 didisain sebagai ground (terminal 1), trigger (terminal 2), output (terminal 3), reset (terminal 4), kontrol (terminal 5, threshold (terminal 6) discharge (terminal 7) dan + V_{CC} (terminal 8).

Gambar 1.29 Skematik Internal dari Timer IC 555

4.5 Multivibrator Astable Menggunakan Timer IC 555

Gambar 1.30 (a) menunjukan rangkaian multivibrator astable berbasis timer 555. Awalnya kapasitor C adalah dalam keadaan muatannya adalah kosong, yang mana memaksa output ke posisi pernyataan HIGH. Dengan terbukanya transistor pengosongan mengizinkan kapasitor C mengisi dari + V_{CC} melalui R_1 dan R_2. Ketika tegangan C melebihi $+2V_{CC}/3$, output menjadi LOW dan transistor pengosongan menjadi ON pada saat yang bersamaan.

Kapasitor C mulai proses pengosongan melalui R_2 dan transistor pengosongan yang terdapat di dalam IC. Ketika tegangan di C turun di bawah $+2V_{CC}/3$, output kembali ke pernyataan HIGH. Siklus pengisian dan pengosongan diulangi dan rangkaian berjalan seperti multivibrator free-running. Terminal 4 dari IC adalah terminal RESET, yang biasanya dihubungkan ke $+V_{CC}$. Jika tegangan pada terminal dibawah 0,4 V, output dipaksa ke pernyataan LOW dan menggantikan command pulse pada terminal 2 dari IC. Perioda waktu pernyataan HIGH dan LOW diatur dengan perubahan waktu pengisian ($+V_{CC}/3$ sampai $+2V_{CC}/3$) dan waktu pengosongan ($+2V_{CC}/3$ sampai $+V_{CC}/3$), ini diberikan oleh persamaan:

$$T_{HIGH} = 0{,}69\ (R_1 + R_2)\ C$$

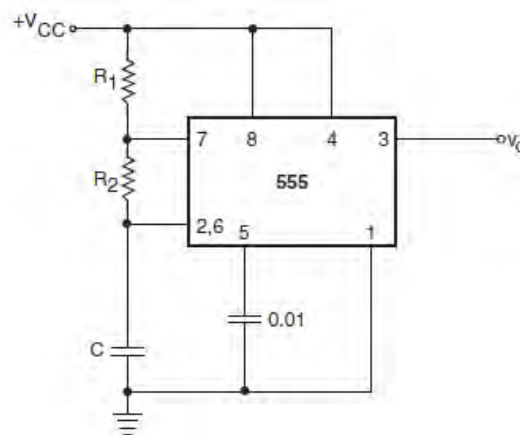
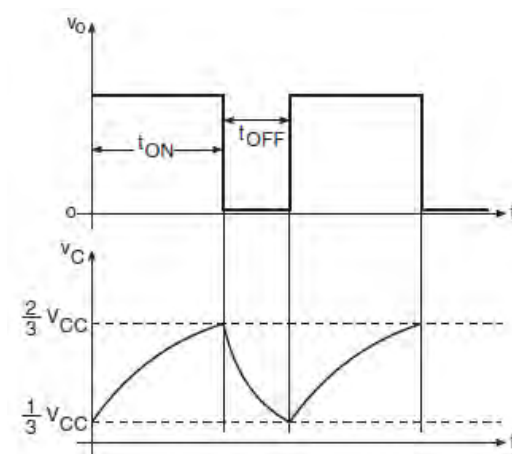
$$T_{LOW} = 0{,}69.R_2.C$$

Bentuk gelombang seperti ditunjukan pada gambar 10.10 (b). perioda waktu T dan frekuensi f dari gelombang output diberikan oleh persamaan:

Perioda waktu $T = 0{,}69\ (R_1 + R_2)\ C$

Frekuensi $f = 1/\ 0{,}69\ (R_1 + R_2)\ C$

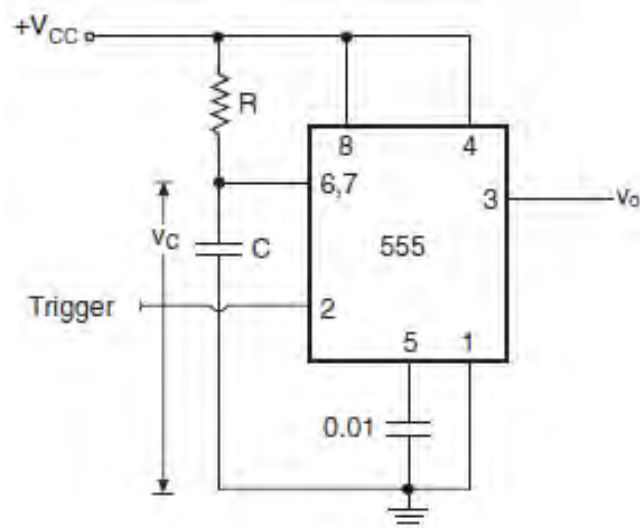
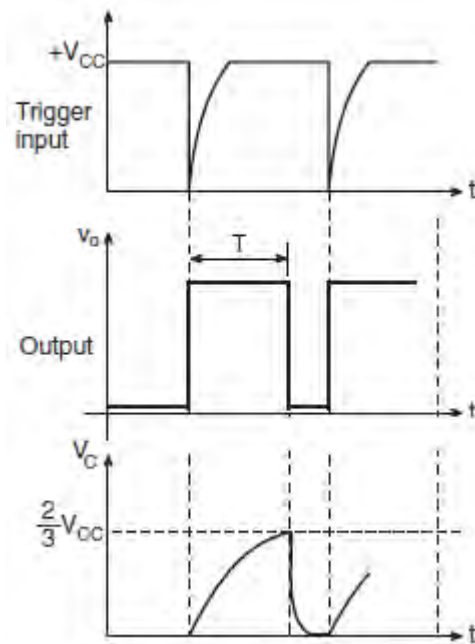
Ingat bahwa ketika multivibrato astable diberi daya, perioda waktu siklus pertama pernyataan HIGH adalah 30% lebih lama, oleh karena kapasitor awalnya kosong dan mengisi mulai dari 0.

Dalam hal ini rangkaian multivibrator dalam gambar 1.30 (a), perioda waktu pernyataan HIGH selalu lebih besar dari pernyataan LOW.

(a)

(b)

Gambar 1.30 (a) Multivibrator astable menggunakan Timer IC 555, (b) bentuk gelombang.

4.5.1 Multivibrator Monostable Menggunakan Timer IC 555

Gambar 1.31 (a) menunjukan konfigurasi rangkaian multivibrator berbasis timer 555. Pulsa trigger diterapkan pada terminal 2 dari IC, yang mana awalnya dijaga pada tegangan + V_{CC}. status HIGH pada terminal 2 memaksa output menjadi LOW. Pulsa trigger dari HIGH ke LOW pada terminal 2 mempertahankan output pada pernyataan HIGH dan pada saat yang bersamaan mengizinkan kapasitor mengisi muatan dari + V_{CC} melalui R. ingat bahwa level LOW dari pulsa trigger memerlukan paling sedikit di bawah + $V_{CC}/3$. Ketika tegangan kapasitor melebihi + $2V_{CC}/3$, output kembali lagi ke pernyataan LOW. Kita akan perlu menerapkan pulsa trigger yang lain ke terminal 2 untuk membuat output menjadi pernyataan HIGH kembali. Setiap waktu timer ditriger output menjadi pernyataan HIGH dan tetap pada statusnya sampai kapasitor mengisi dari 0 sampai + $2V_{CC}/3$. Perioda waktu ini, yang mana sama dengan lebar pulsa output monoshot, seperti yang diberikan oleh persamaan:

$$T = 1{,}1\ RC$$

(a)

(b)

Gambar 1.31 (a) Multivibrator monostable menggunakan Timer IC 555, (b) bentuk gelombang.

Contoh Perhitungan:

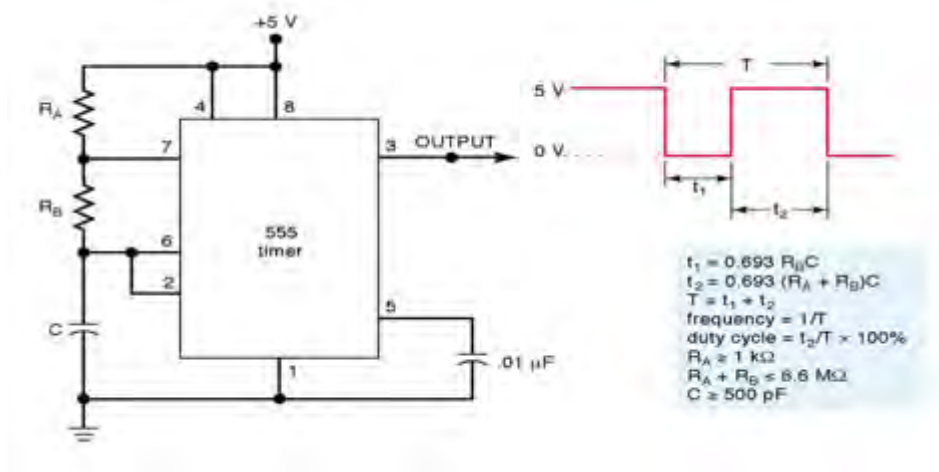
- Buat osilator dengan frekuensi 200Hz dan duty cycle 78%.Untuk menjawabnya ikuti langkah ke 1 sampai dengan langkah k2 5 di bawah ini

1. Tentukan Period (T):

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{200Hz} = 0.005s$$

2. Tentukan T_H and T_L:

$$T_H = 78\% \bullet 0.005s = 0.0039s = 3.9ms$$
$$T_L = 22\% \bullet 0.005s = 0.0011s = 1.1ms$$

3. Oleh karena terdapat 2 variables pada persamaan T_L , pilih nilai C:
   Dalam hal ini kita pilih nilai C=10μF

4. Tentukan R_B dengan menggunakan persamaan T_L:

$$T_L = 0.693 R_B C$$
$$1.1ms = 0.693 \bullet R_B \bullet 10\mu F$$
$$R_B = 158.7\Omega$$

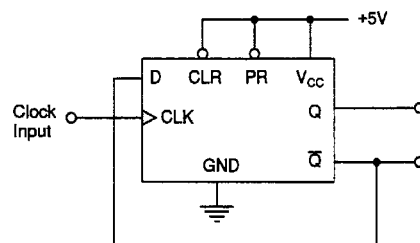
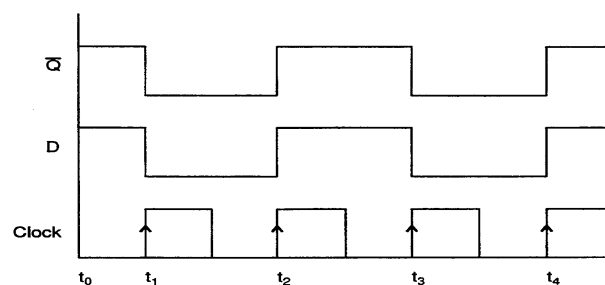
5. Tentukan nilai R_A:

$$T_H = 0.693(R_A + R_B)C$$
$$3.9ms = 0.693(R_A + 158.7\Omega)10\mu F$$
$$562.8\Omega = R_A + 158.7\Omega$$
$$R_A = 404.1\Omega$$

5. Rangkaian Pencacah (Counter)

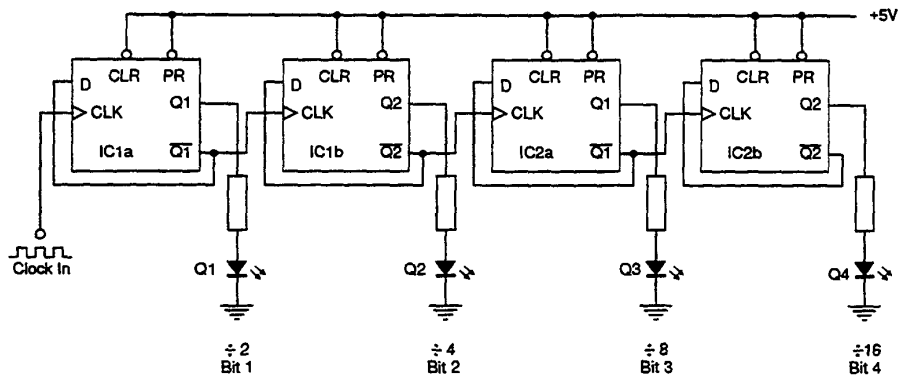
Pencacah atau counter merupakan rangkaian logika sekuensi yang berfungsi mencacah atau menghitung jumlah pulsa clock yang masuk. Menurut pengaktifan elemem penyimpanannya dan dalam hal ini penyimpan pencacah adalah flip-flop. Ada dua macam penyacah (counter) yaitu pencacah tak serempak (asynchronous counter) dan Pencacah serempakn (sinkrounous counter). Pada pencacah tak serempak ,elemen-elemen penyusunnya yaitu flip-flop bekerja secara tidak serempak ketika pencacah tersebut diberi input pulsa,sedangkan pada pencacah serempak elemen-elemen penyusunnya bekerja secara bersama-sama ketika ada pulsa masuk ke inputnya.

5.1 Pembagi Frekuensi

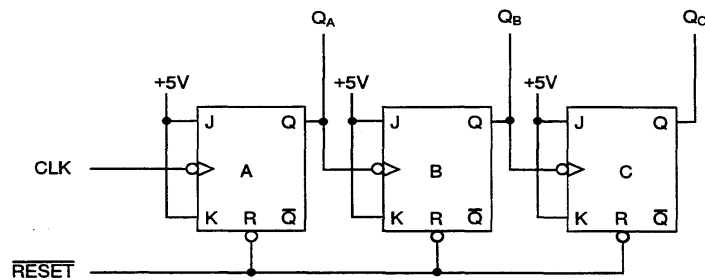
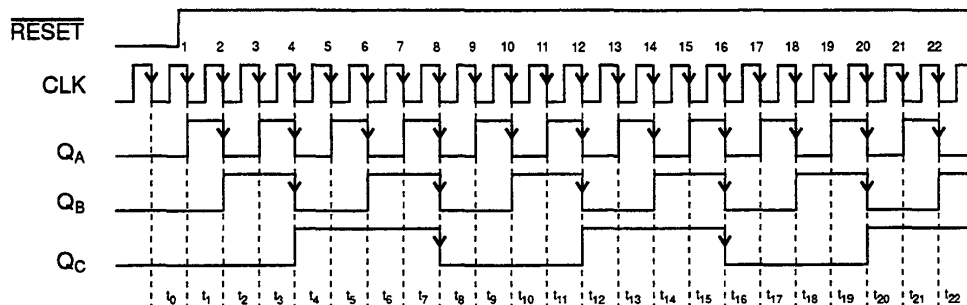
Penghitung digital merupakan rangkaian yang menghasilkan output dalam biner secara sekuensial sebagai aksi karena adanya clock, gambar berikut memberikan ilustrasi D-FF sebagai pembagi 2 (dua).

Gambar 1.32 D Flip-flop sebagai rangkaian pembagi 2

Gambar 1.33 Timing Diagram Rangkaian pembagi 2

Pada saat sumber listrik dihidupkan Q dalam kondisi logika 0 dan $\overline{Q}$ = 1, D =1 dengan adanya clock pertama Q akan sama dengan D sehingga $\overline{Q}$ = D = 0. Demikian seterusnya sehingga setiap dua kali clock diberikan maka output Q terjadi satu ----kali clock, jadi rangkaian berfungsi sebagai pembagi 2 (dua).

5.2 Penghitung Biner Ripple

Jika kita sambungkan pembagi dua diatas dimana clock D-FF kedua disambungkan dengan $\overline{Q}$ D-FF pertama, clock D-FF ketiga disambungkan dengan $\overline{Q}$ D-FF kedua dst. Seperti pada gambar 52 maka akan terangkai sebuah Penghitung Biner yang juga merupakan pembagi 2, pembagi 4, pembagi 8 dan pembagi 16.

Gambar 1.34 Penghitung Biner Menggunakan D-FF

5.3 Penghitung Naik Ripple

Penghitung ini dapat dibangun dari JK-FF, dimana semua input Jk-FF disambungkan ke logika High, Clock memanfaatkan transisi High ke Low.dan output Q dari JK-FF pertama disambungkan ke Clock JK-FF kedua, dan Q dari JK-FF kedua disambungkan ke Clock JK-FF ketiga dst. Gambar 53 merupakan penghitung naik 3 tingkat, batas hitungan diawali 000 dan diakhiri 111 kemudian kembali lai ke 000.

Gambar 1.35 Penghitung Naik

Gambar 1.36 Timing Diagram Penghitung Naik

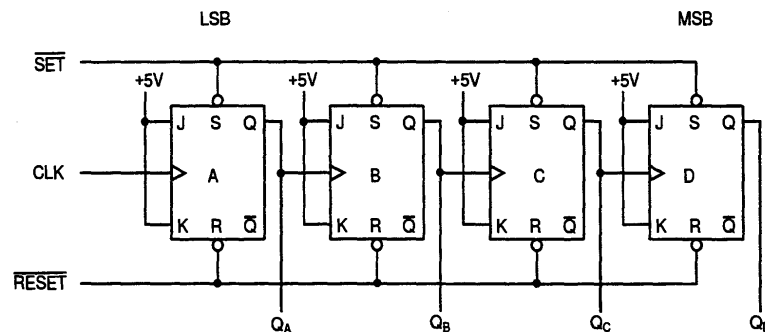
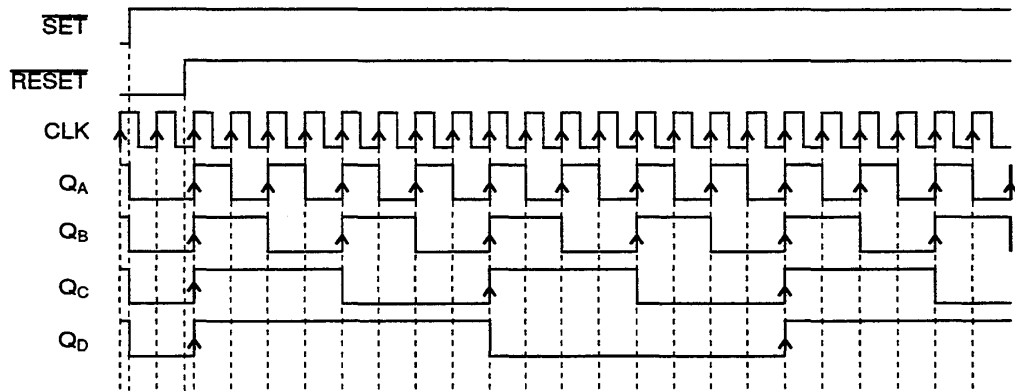
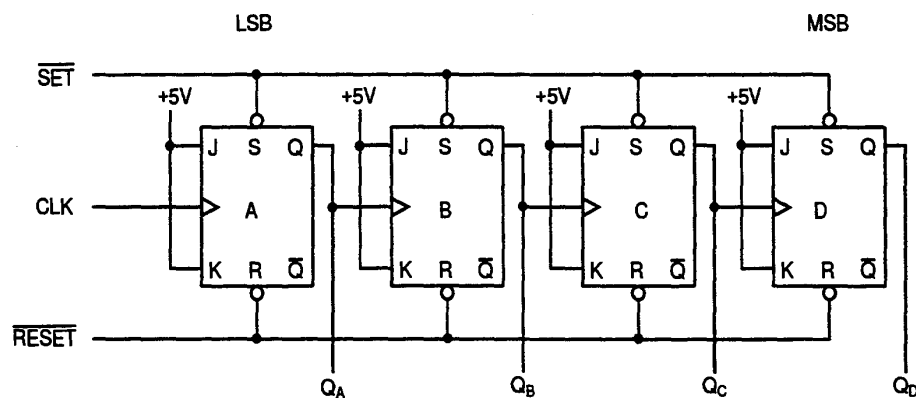
Tabel 6. 1 Tabel Kebenaran penghitung naik

CLK	Qc	Qb	Qa	Count
Reset(O)	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	2
3	0	1	1	3
4	1	0	0	4
5	1	0	1	5
6	1	1	0	6
7	1	1	1	7
8	0	0	0	0
9	0	0	1	1

Dari tabel kebenaran dapat kita lihat bahwa penghitung mulai hitungan dari 000, 001 ….,111 dan kembali lagi 000, 001 dst. Bila ditambahkan flip-flop lagi maka penghitung menjadi 4 tingkat yang berarti peningkatan 2 kali yaitu memiliki modulus 16.

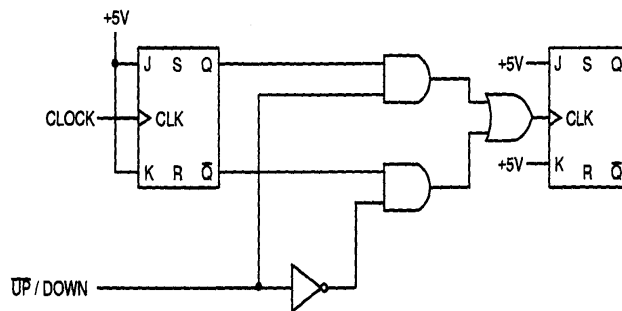
Untuk penghitung 2 tingkat memiliki modulus 4, 3 tingkat memiliki modulus 8, 4 tingkat memiliki modulus 16, 5 tingkat memiliki modulus 32 dst. dinyatakan dalam rumus : **Modulus = 2^n**

5.4 Penghitung turun ripple

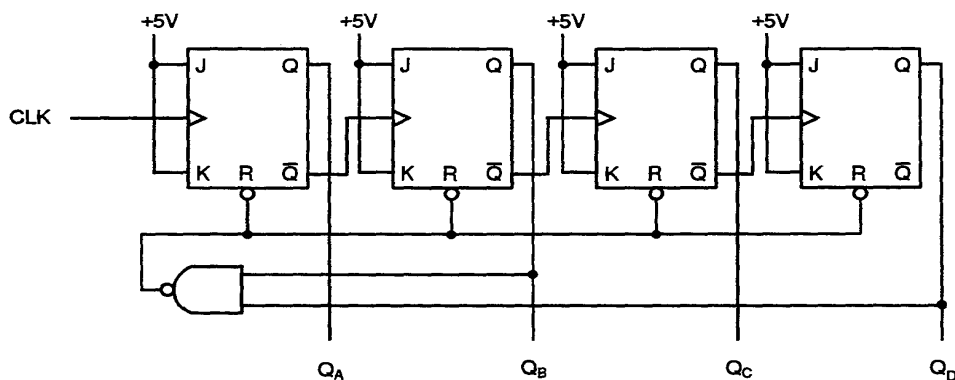
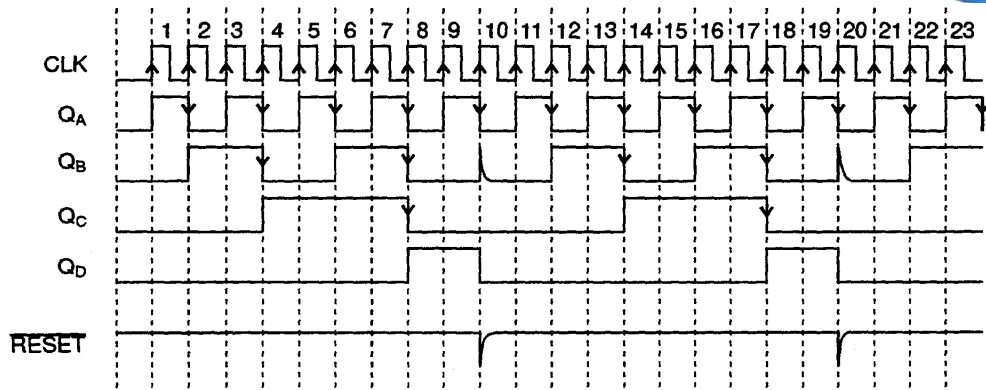
Penghitung ini dibangun dari JK-FF, dimana semua input Jk-FF disambungkan ke logika High, Clock memanfaatkan transisi Low ke High dan output Q dari JK-FF pertama disambungkan ke Clock JK-FF kedua, dan Q dari JK-FF kedua disambungkan ke Clock JK-FF ketiga dst. Gambar 54 merupakan penghitung turun 4 tingkat, batas hitungan diawali 1111 dan diakhiri 0000 kemudian kembali lai ke 1111.

Gambar 1.37 Rangkaian Penghitung Turun

Gambar 1.38 Timing Diagram Penghitung Turun

Gambar 1.39 Penghitung Turun Riple

- Dari timing diagram kita dapat lihat bahwa saat diberi Reset maka semua output berlogika 0, dan bila Reset diberi logika High hitungan siap dimulai.
- Awal clock sisi positif akan membuat Q_A = High yang berarti berubah dari Low ke High, hal ini memberikan clock pada JK-FF kedua sehingga Q_B = High. Berlaku hal yang sama untuk Q_C dan $Q_{D,}$ data output terbaca 1111 (15 desimal).
- Clock berikutnya akan membuat toggle pada Q_A = 0 oleh karena perubahan Q_A dari High ke Low maka pada Q_B tidak ada perubahan, begitu pula untuk Q_C dan Q_D. Dengan demikian pada output akan terbaca 1110 (14 desimal), hal ini menunjukan proses hitungan turun.
- Clock ketiga dan seterusnya akan mengaktifkan rangkaian sebagai penghitung turun.

5.5 Penghitung Naik/Turun

Penghitung turun memanfaatkan Clock transisi Low ke High dan output Q dari JK-FF pertama disambungkan ke Clock JK-FF berikutnya, untuk penghitung naik Clock di inverting sehingga didapat hitungan 0000 s/d 1111. Melalui prinsip ini kita dapat membangun kombinasi dari keduanya yaitu penghitung naik dan turun, adapun rangkaian dapat dilihat pada gambar 55.

Gambar 1.40 Penghitung Naik/Turun

6. Pembagi N Counter

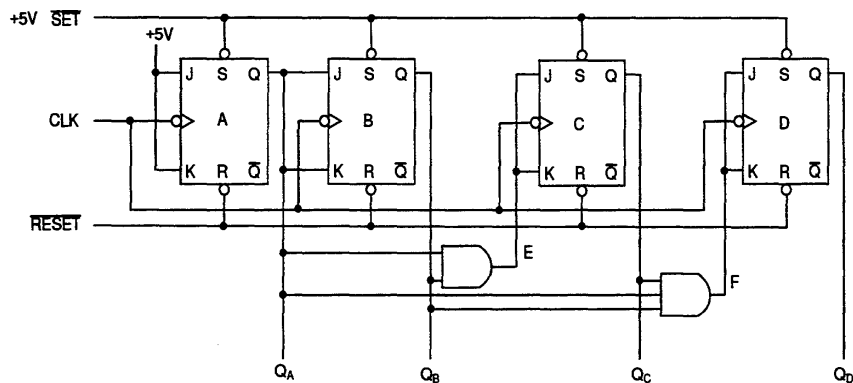
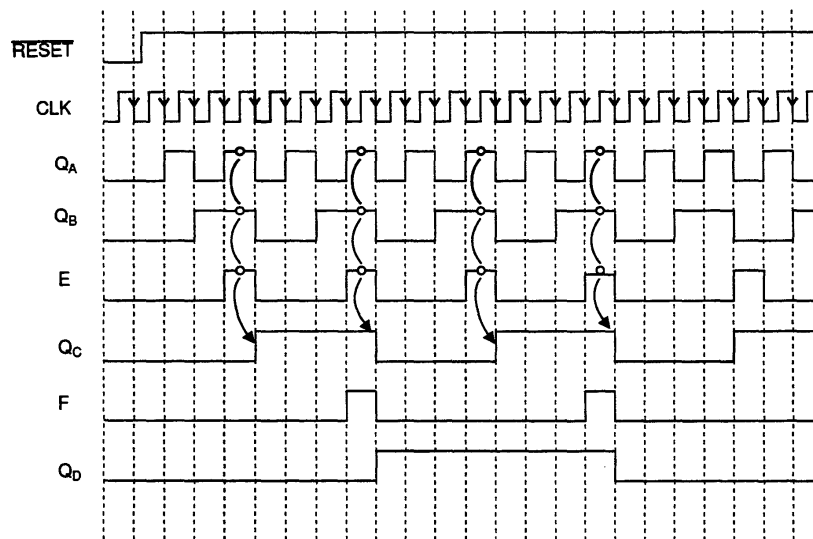
Sebagai contoh pada gambar berikut terlihat bahwa penghitung akan direset secara otomatis apabila hitungan telah mencapai 1010 (10 desimal) yang berarti N=10, yaitu nilai 1 pada Q_B dan pada Q_D sebagai input NAND akan menghasilkan 0 untuk diumpankan pada reset.

Gambar 1.41 Rangkaian Pembagi N=10

Gambar 1.42 Timing Diagram Rangkaian N-Counter

5.6 Penghitung (Counter) Pencacah Sinkron

Dalam aplikasi penghitung asinkron kita mendapat masalah dengan penundaan waktu propagasi, yang disebabkan system serial atau ripple. Untuk perlu penyempurnaan system clock yaitu dengan menerapkan system clock secara serempak pada setiap Flip-flop, system ini sering disebut dengan **Penghitung Sinkron**.

Secara prinsip kerja antara sinkron dan asinkron adalah sama, hanya pada sinkron clock secara bersama dan propagasi delay hanya terjadi pada satu flip-flop.

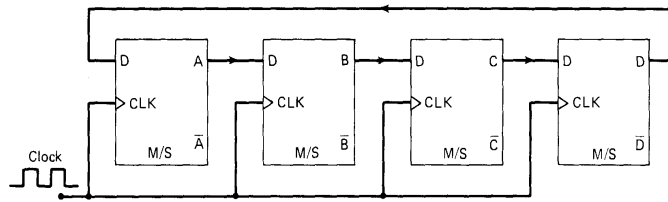
Sebagai contoh IC 74HCT161 adalah penghitung sinkron, dimana saluran clock pada setiap flip-flop dilakukan secara serentak sehingga output berubah dalam waktu yang sama dibawah pengendalian clock.

Gambar 1.43 memperlihatkan sebuah penghitung sinkron 4 tingkat, bila input J dan K berlogika High maka penghitung akan toggle bilamana diberikan clock. Sedangkan fungsi dari gerbang AND pada rangkaian adalah menset-up kondisi toggle dalam satu siklus clock menjadi clock aktif edge.

Gambar 1.43 Rangkaian Penghitung Sinkron

Gambar 1.44 Timing Diagram Sinkron

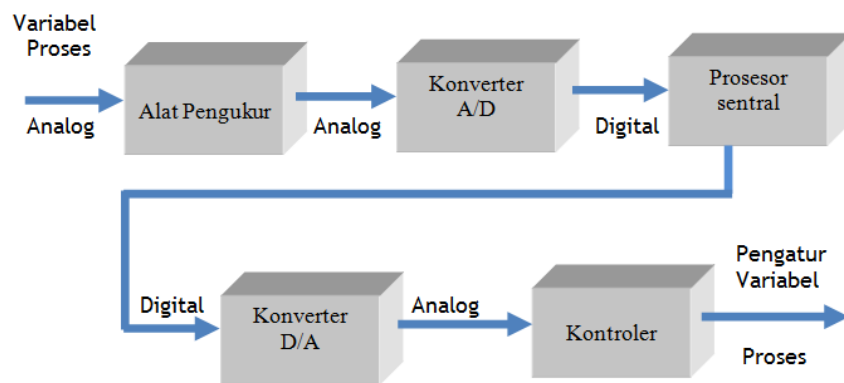
5.7 Penghitung Lingkar (Ring Counter)

Penghitung sinkron ini menggunakan D-FF, dimana clock disambungkan jadi satu, output dari D-FF pertama disambungkan ke input D-FF kedua, Output D-FF kedua disambungkan ke input D-FF ketiga, output D-FF ketiga disambungkan ke input D-FF keempat dan output dari D-FF keempat disambungkan balik ke input D-FF pertama.

Kalau kita lihat system penyambungannya maka terlihat adanya lingkaran data (ring) yaitu mulai dari D-FF pertama kembali lagi ke D-FF pertama,

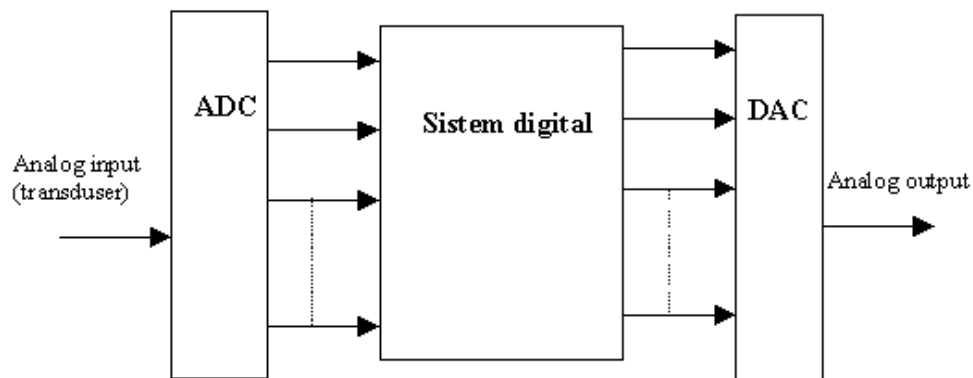
sedangkan clock diumpankan pada seluruh D-FF secara serentak sehingga perubahan pada masing-masing output serentak pula.

Gambar 1.45 Rangkaian Ring Counter

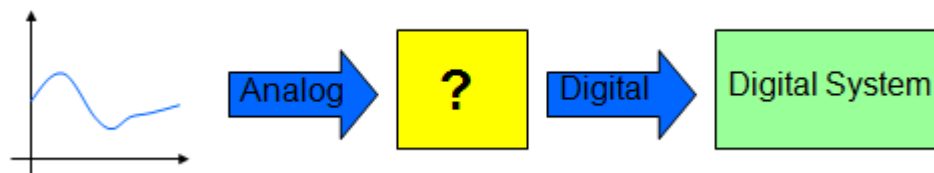
6. Rangkaian Pengubah Sinyal (ADC dan DAC)

Rangkaian kendali digital, memerlukan rangkaian kontrol dan pengolah data seperti menggunakan mikroprosesor atau mikrokontroler. Pada sirkit kendali digital tanpa program biasanya memerlukan rangkaian penyimpan memori seperti Flip-Flop, rangkaian penghitung data/pulsa seperti rangkaian pencacah atau counter, rangkaian yang dapat mentransfer data dari masukan yang banyak menjadi keluaran hanya satu seperti multiplexer, ada beberapa rangkaian yang dapat mengolah sinyal analog ke digital yaitu ADC dan pengolah data Digital ke Analog atau DAC.

Gambar 1.46 Rangkaian ADC

Pada gambar 1.46 masukan atau input merupakan besaran analog yang didapat dari hasil proses dari trasduser/alat pengukur/sensor, kemudian oleh perangkat pengubah analog ke digital (ADC) diubah menjadi besaran digital. Besaran digital tersebut adalah merupakan masukan atau input dari sebuah sistem digital untuk diproses secara aritmatik atau logik sehingga dihasilkan suatu besaran digital.

Oleh karena output atau keluaran dari sistem digital berupa besaran digital sedangkan yang dibutuhkan untuk menggerakan rangkaian berikutnya adalah besaran analog, maka diperlukan perangkat pengubah digital ke analog yang berfungsi untuk mengubah besaran digital dari hasil proses menjadi besaran analog sebagai contoh untuk mengendalikan sebuah kecepatan motor dc dibutuhan besaran analog.

Sehingga dapat kita lihat adanya interface berupa ADC dan DAC pada sebuah sistem rangkaian digital (Komputer, mikroprosessor dll.) dengan dunia analog, disini menunjukan kepada kita bahwa sebuah sistem pengendali terdapat kemungkinan kombinasi dari dua besaran yaitu analog dan digital dimana sistem sensor merupakan besaran analog, rangkaian pemroses sinyal digital dan penggerak utama sebagai keluaran adalah besaran analog.

Gambar 1.46 Sirkit kendali digital menggunakan rangkaian ADC dan DAC

6.1 Sistem Pengubah Digital ke Analog (DAC)

Bila kita amati gambar diatas, rangkaian apakah yang kita perlukan agar sinyal analog dapat diproses pada sistem digital?, ya, kita akan memerlukan rangkaian yang dapat mngubah sinyal analog menjadi sinyal digital, tetapi sebelum kita mempelajari tentang ADC, mari kita belajar dulu materi tentang DAC, mengapa demikian,karena didalam rangkaian dalam ADC terdapat rangkaian DAC, dimana pasa rangkaian ADC ada rangkaian yang harus mengibah sinyal digital ke analog, sehingga untuk dapat memahi rangkaian ADC, kalian di tuntut untuk paham terlebih dahulu tentang DAC. Tugas pengubah D/A ialah menstransformasikan masukan sinyal digital menjadi

sinyal analog, (tegangan, arus, muatan electrik). Tegangan keluaran yang dihasilkan DAC sebanding dengan nilai digital yang masuk ke dalam DAC.

DAC adalah salah satu komponen elektronika yang cukup ampuh untuk pengaturan sebuah sistem berbasis digital, dengan kemampuan mengubah dari data digital ke tegangan analog.

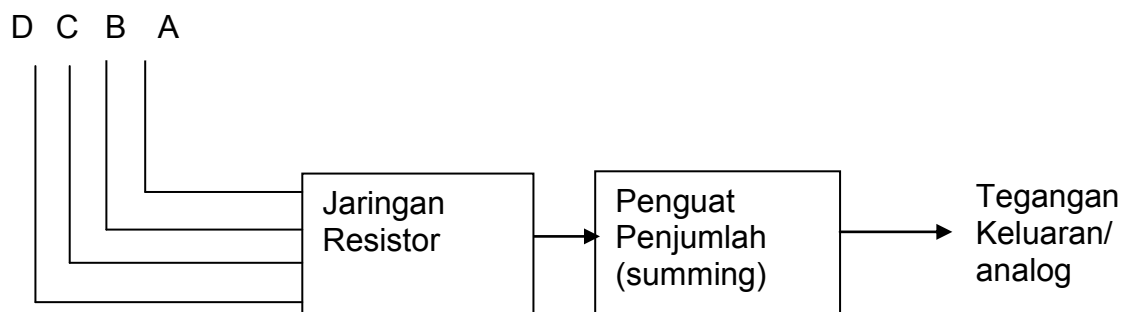
Secara sederhana rangkaian D/A terdiri dari jaringan resistor dan rangkaian penguat penjumlah (summing Amplifier) , kalian amati gambar 1.47

Masukan Biner

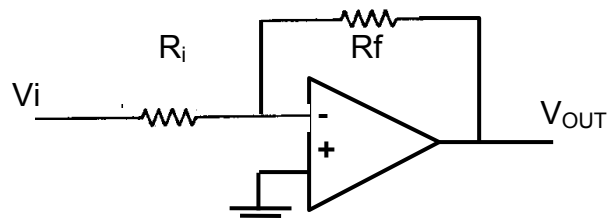
D C B A

Jaringan Resistor

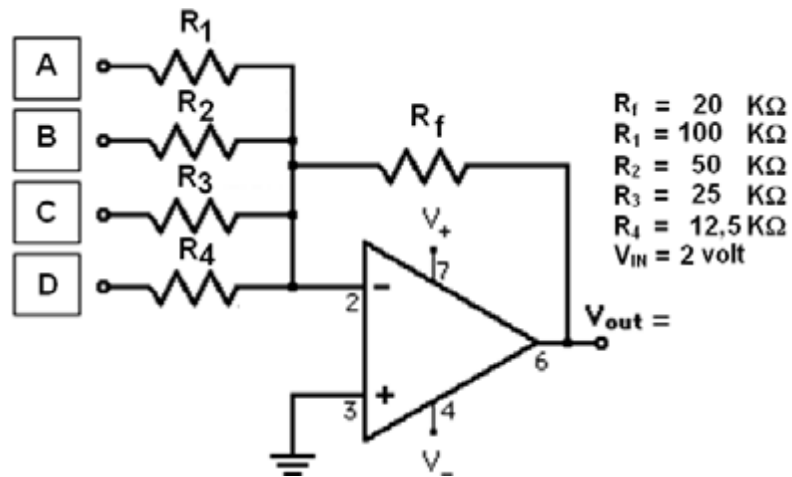
Penguat Penjumlah (summing)

Tegangan Keluaran/ analog

Gambar 1.47 Penguat penjumlah

Kalian harus mengingat kembali tentang Operational Amlplifier, dan summing, yang telah dipelajari pada materi dasar dan pengukuran1 kegiatan belajar elektronika daya.

Contoh:

Jika dari gambar diatas diketahui Vin = 3 Volt, Rf = 20 KΩ, Ri = 150 KΩ, hitunglah berapa penguatannya! A = Rf/Ri A = 20 KΩ/150 KΩ = 0,133

Setelah kalian mendapatkan penguatannya (A), coba kalian hitung berapakah nilai tegangan keluarannya (Vout). Vout A x Vin = 3 x 0,133 = 0,4 Volt

Jika kalian sudah paham, coba amati gambar rangkaian pengubah D/A di bawah ini,

Gambar 1.48 Sum DAC

Dengan mengikuti rumus diatas, buktikan dengan mengikuti rumus ohm tahanan seri paralel, jika untuk langkah pertama yang terhubung adalah saklar A hanya yang berlogik satulah yang terhubung dengan saklar, maka akan kalian dapatkan nilai atau harga seperti pada tabel di bawah.

Baris	Masukan Biner				Keluaran Analog (Vout)
	D	C	B	A	
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0,4
3	0	0	1	0	0,8
4	0	0	1	1	1,2
5	0	1	0	0	1,6
6	0	1	0	1	2,0
7	0	1	1	0	2,4
8	0	1	1	1	2,8
9	1	0	0	0	3,2
10	1	0	0	1	3,6
11	1	0	1	0	4,0

12	1	0	1	1	4,4
13	1	1	0	0	4,8
14	1	1	0	1	5,2
15	1	1	1	0	5,6
16	1	1	1	1	6,0

Dari tabel tersebut jika semua saklar terhunbung didapat kan tahanan total Rt = 10 KΩ, maka penguatannya A = adalah Rf/Rin Total = 2

Vout = A X Vin = 3 X 2 = 6 Volt.

Setiap perubahan 1 digit pada tabel diatas adalah 0,4, dapat dikatakan itulah ukuran setiap stepnya berubah 0,4 volt untuk 1 digit, maka jika kita ingin mengetahui berapak nilai tegangan yang terukur pada biner masukan 1000 ?

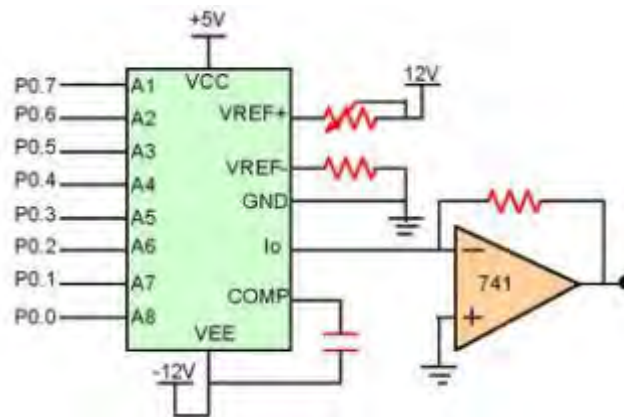
Jawabannya adalah konversikan nilai 1000_2 ke desimal = 8 dikalikan dengan ukuran setiap langkahnya maka harga tegangan keluarannya adalah 8 X 0,4 = 3,2 Volt, coba kalian cocokkan baris ke 9 dengan data 1000_2 hasilya sama dengan tabel yaitu 3,2 Volt, mudah bukan?

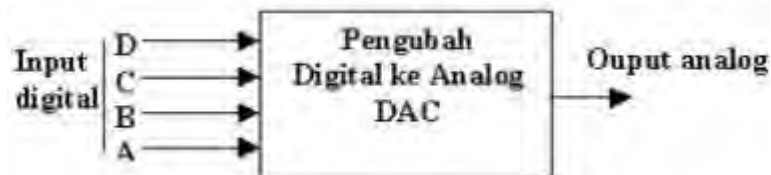
Tugas:

Agar kalian lebih paham, dari gambar diatas Rf diganti dengan 10KΩ, berapakah nilai penguatannya jika saklar A saja yang terhubung? Jika kalian sudah bisa menjawabnya

Buatkan tabel seperti tabel diatas, karena penguatannya hanya 1 X, maka Langkahsize nya adalah 0,2 Volt, buktikan dengan perhitungan rumus ohm seri paralel! Untuk menghitung Rt dan penguatannya pada saklar yang terhubung!

Salah satu komponennya DAC0808 adalah sebuah digital to analog converter 8-bit monolothic yang mempunyai waktu settling sekitar 150 ns. Tidak diperlukan setting arus referensi (I_{REF})dalam berbagai penerapan. Pada pengaturan skala penuh arus output yang dikeluarakan umumnya 255 (I_{REF}/256). Arus power supply dari DAC0808 tidak bergantung pada kode bit dan akan menunjukkan karakteristik DAC yang tetap konstan pada keseluruhan jangkauan tegangan. DAC0808 mempunyai jangkauan tegangan power

supply: ±4,5V sampai ±18V dengan konsumsi daya berkisar 33 mW pada tegangan ±5V. Untuk penggunaan interface ADC0808 dapat dihubungkan langsung ke level logika CMOS, TTL dan DTL.

Gambar 1.49 Koneksi rangkaian DAC dan konverter arus ke tegangan

Bila kita gunakan tegangan tertinggi untuk konversi 15 volt maka setiap kenaikan nilai konversi adalah 1 volt jadi bila nilai digital 0100 hasil konversinya adalah 4x1volt = 4 volt. Seandainya nilai tertinggi dibuat 4,5 volt maka setiap kenaikan adalah 0,3 volt sehingga bila nilai digital 0100 hasil konversinya adalah 4×0,3volt = 1,2 volt.

Gambar 1.50 Pengubah digital ke analog (DAC) 4 bit

Dari penjelasan diatas dapat ditentukan jumlah harga tegangan atau aplitudo sebagai hasil konversi adalah tergantung pada jumlah bit digital yang dikonversikan, dan besar kecilnya harga analog hasil konversi juga ditentukan oleh besar kecilnya tegangan referensi.

Contoh: Tentukan hasil konversi digital ke analog 5 bit bila input 11111, dimana untuk nilai input 00001 tegangan output 0,2 volt atau Langkahsizenya!

Jawab: Jumlah harga amplitudo untuk DAC 5 bit adalah 32, sedang harga konversi setiap tingkat 0,2 volt maka tegangan untuk konversi 11111_2 adalah nilai tertinggi yaitu sama dengan (32-1)x0,2volt = 6,2 volt.

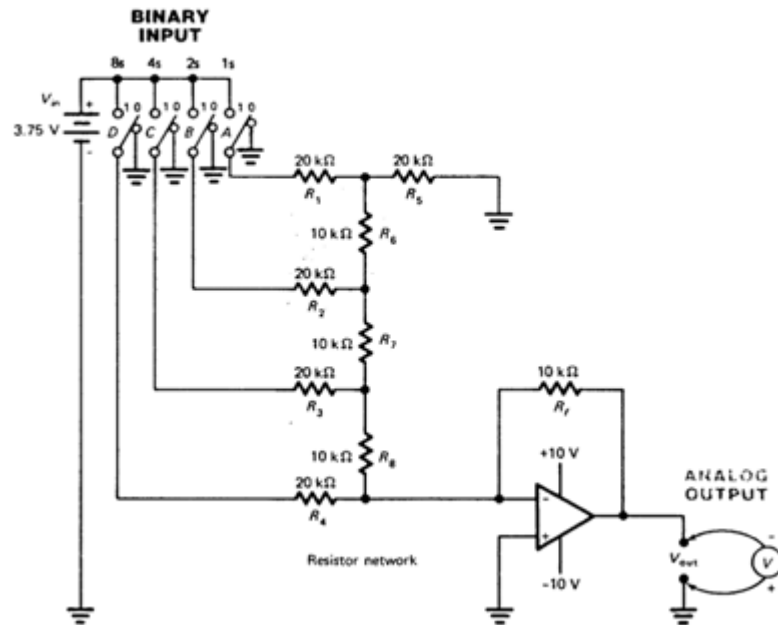
Dengan cara lain dapat pula kita hitung berdasarkan konversi tiap tingkat, yaitu sebagai berikut:

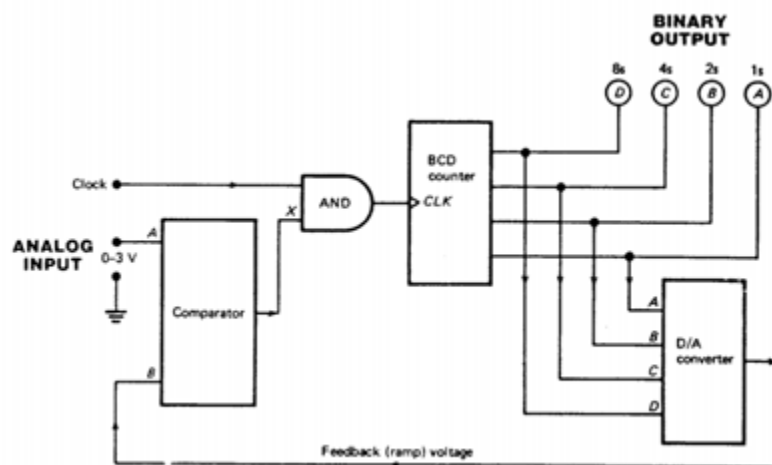
11111_2 = 3,2 volt + 1,6 volt + 0,8 volt + 0,4 volt + 0,2 volt = 6,2 volt.

Contoh : Tentukan hasil konversi 1010 untuk DAC 4 bit, dimana jika Langkahsize nya adalah 0,2 volt!

Jawab : Jumlah harga amplitudo untuk DAC 4 bit adalah 16, sedang harga konversi setiap tingkat 0,2 volt maka tegangan untuk konversi 1010_2 ,konversi 1010_2 = 10 $_{10}$ yaitu sama dengan 10 x0,2volt = 2,0 volt.

6.1.1 Pengubah D/A jenis tangga

Pengubah D/A terdiri dari penguat penjumlah dan jaringan resistor, seperti telah dibahas sebelumnya, pada pembahasan awal,nilai resistor biasanya besaran nilainya merupakan kelipatan dari posisi saklar LSB ke MSB, nilai resistor di LSB adalah nilai yang palng besar misalnya 150 KΩ di sakalr A, maka pada saklar B dipasang resistor 75 KΩ, saklar C dipasang resistor 37,5 KΩ dan saklar D bernilai 18,7 KΩ. Sedangkan pada pengubah D/A jenis tangga berdasarkan R-2R, besarnya nilai resistor horizontal adalah 2 kali lipat dari nilai tahanan vertikal, coba kalian amati nilainya R = 10 KΩ maka nilai 2R nya adala 20 KΩ. pemasangan nilai resistor yang seperti itu adalah untuk mendapatkan Vout yang linier (kenaikkan per stepnya tetap).

6.2 Sistem Pengubah Analog ke Digital (ADC)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

Resolusi ADC menentukan **ketelitian** nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input

dapat dinyatakan dalam 255 (2n –1) nilai diskrit. ADC 8 bit memiliki 8 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 8 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 4 bit. Nilai resolusi biasanya dikalikan dengan 100%.

Contoh ADC 8 bit , dengan tegangan referensi 5 volt DC maka resolusi nya adalah = 5 / 2^n-1 = 5/255 = 0.0019 x100% = 1,9% bandingkan dengan ADC 4 bit, resolusinya adalah = 5 / 15 = 0,333 X 100% =33,3 %, semakin kecil resolinya semakin maka semakin teliti, demikian juga dengan istilah senstivitas.

Sensitivitas ADC juga ditentukan oleh besarnya nilai tegangan referensi dan banyaknya bit sebagai nilai diskritnya, Perhitungan sensitivitas hampir sama dengan resolusi tetapi tanpa prosentasi.

Ambil contoh masih data 8 bit, jika tegangan referensi nya 5 Volt, maka :sensitivitasnya adalah 5 / 2^n-1 = 5/255 = 0.0019 volt atau 19,6 mV/bit, dapat dikatakan setiap kanaikan 1 bit adalah sebesar 19,6 mV, coba kalian bandingka dengan ADC 4 bit, manakah yang lebih sensitiv, ADC 8 bit atau kah 4 bit? Dapat kalian buktikan dengan mengikuti perhitungan diatas.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi.

Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar 60% x 255 = 153 (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

signal = (sample/max_value) * reference_voltage

= (153/255) * 5

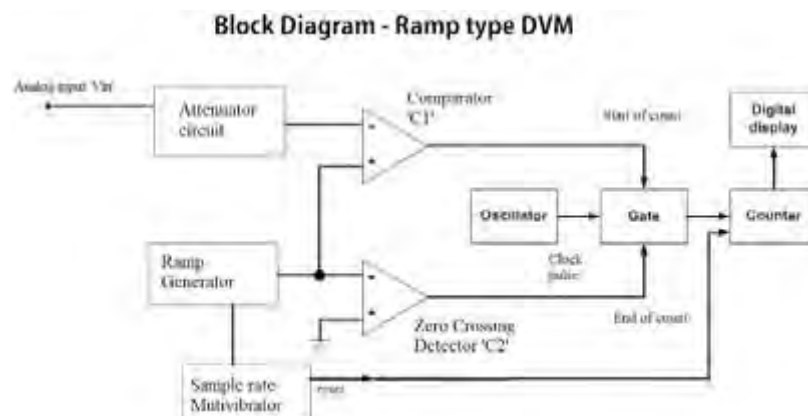
= 3 Volt = tegangan referensi untuk ADC

Jika tegangan referensinya 3 volt, berapakah nilai sensivitasnya?

Sensitivitanya adalah 3/255 = 0,011 Volt = 11mVolt

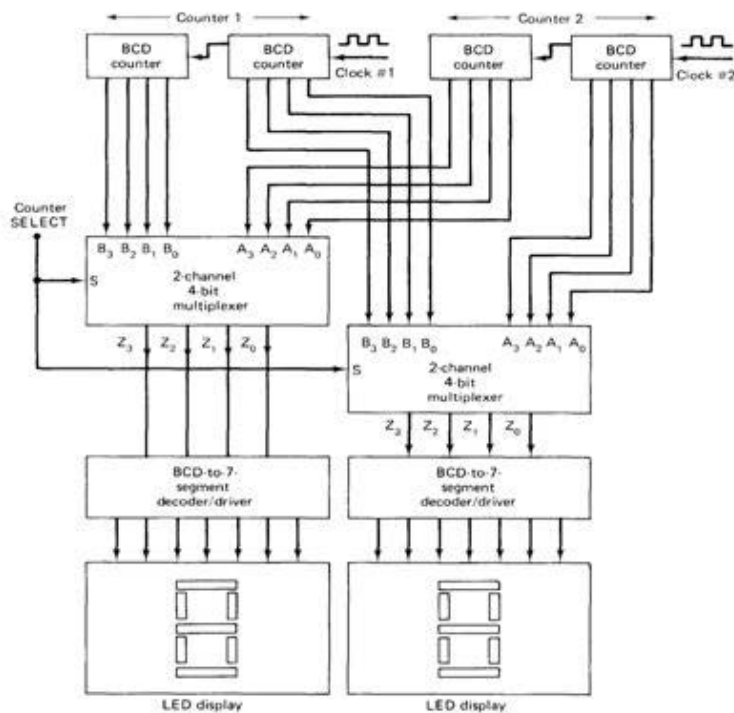
Bandingkan dengan tegangan referensi yang 5 volt,kesimpulan apa yang kalian dapatkan?

Tugas Diskusi:

Kalian amati blok diagram dari Volt meter digital (DVM) dibawah ini, jelaskan secara singkat bagaimana cara kerja volt meter digital ini bekerja dari mulai masukan sinyal analog hingga keluaran menjadi sinyal digital!

7. Aplikasi Rangkaian digital

7.1 Aplikasi Multiplekser

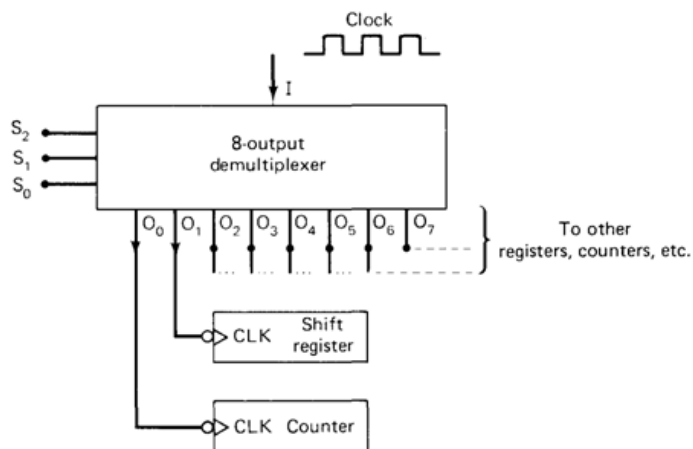
Aplikasi multiplekser dapat kita jumpai pada berbagai aplikasi system digital, hal ini termasuk pemilihan data, operasi sekuensial, konversi parallel ke serial, pembangkit gelombang dan pembangkit fungsi logika. Berikut merupakan contoh aplikasi multiplekser pada alat penghitung BCD.

Pada rangkaian ini terdua clock input yang digunakan untuk menggerakan dua kelompok BCD counter, melalui saluran pilih (select) dapat dipilih BCD counter mana yang ingin ditampilkan pada penampil 7 segmen.

Gambar 1.51 Alat Penghitung terdiri dari rangkaian multiplexer,counter dan decoder

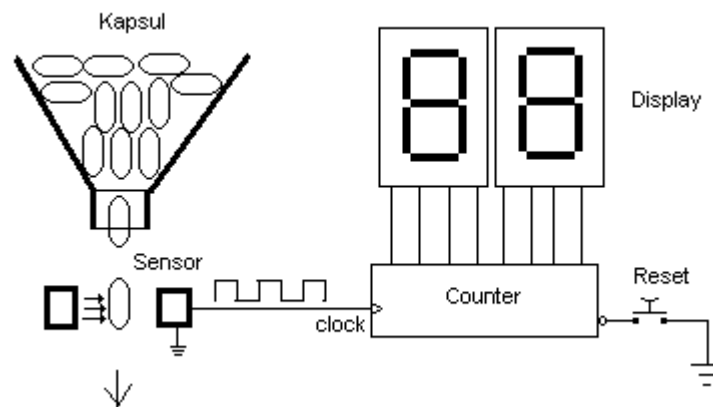
7.2 Aplikasi Demultiplekser

Aplikasi yang sering dijumpai adalah untuk rangkaian sistem penerima dan pemancar digital, dan dapt pula diaplikasikan pada system Clock demultiplekser.

7.2.1 Clock Demultiplekser

Rangkaian ini digunakan untuk memberikan clock pada system rangkaian, yang peaktifan rangkaian melalui pemilh $S_0 – S_2$.

Gambar 1.52 Clock Demultiplexer

7.3 Aplikasi Pencacah /Counter

Contoh aplikasi penghitung langsung ditunjukan pada gambar 1.53 , dimana counter digunakan untuk menghitung jumlah kapsul yang melewati sensor infrared. Setiap ada kapsul yang memotong sinar infrared sensor akan mengubahnya menjadi sinyal (clock), karena clock ini diumpankan pada clock sebuah counter maka counter akan menghitung atau naik satu. Jadi bila ada 10 kapsul yang memotong sinar maka ada 10 clock yang diberikan oleh sensor dan counter akan menghitung 1 sampai 10.

Gambar 1.53 Alat penghitung Kapsul

B. Rangkuman

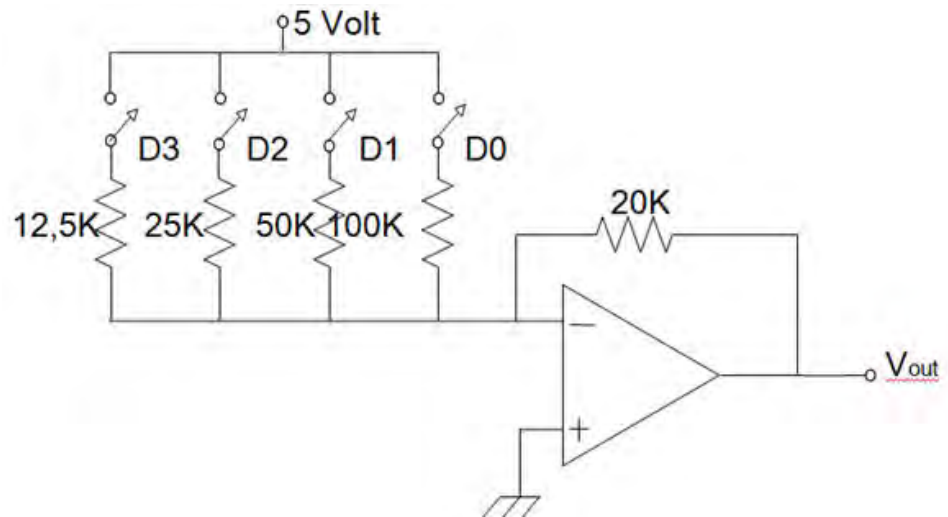
Perancangan rangkaian logika kombinasional merupakan kegiatan mengimplementasikan atau merealisasikan rangkaian logika berdasarkan karakteristik/watak yang diinginkan atau diketahui. Langkah awal adalah mendefinisakn rangkaian logika ke dalam tabel kebenaran sehingga menghasilkan persamaan logika kemudian dibentuk dalam rangkaian logika.

Circuit Maker adalah salah satu *software* yang dapat digunakan untuk merancangan rangkain digital walaupun banyak saat ini banyak sekali *software* yang dapat dimanfaatkan dalam merancang rangkaian digital

Rangkaian logika kombinasi dapat dirancang menjadi rangkaian dasar aritmatika dengan membuat rangkaian adder dan subtraktor. Rangkaian kombinasi dapat dibuat menjadi rangkaian pemilih data digital (multiplexing), pendistribusian data digital (demultiplexing), rangkaian pendekodean data (encoding) dan penafsiran data (decoding),rangkaian tersebut dapat dibuat dari gerbang dasar ataupun sudah disediakan dalam bentuk rangkaian terpadu atau (Integrated Circuits (IC).

Rangkaian sirkit digital dapat dibuat untuk aplikasi kontrol digital dirakit dengan beberapa rangkaian seperti rangkain multiplexer,dekoder Analog digital converter atau Digital to analog converter yang dapat diperlihatkan melalui display.

C. Evaluasi

1. Bagaimanakah prinsip kerja dari full adder 4 bit,buatkan tabel kebenarannya!
2. Bagaimanakah karakteristik dari rangkaian logika kombinasi?
3. Sebutkan fungsi dari multiplexer 8 ke 1 saluran!
4. Mengapa multiplexer disebut juga sebagai rangkaian logika universal?
5. Mengapa rangkaian dekoder dapat dibangun dari rangkaian demultiplexer?
6. Jelaskan perbedaan antara rangkaian logika kombinasi dan rangkaian logika sekuensial dan berikan contohnya!
7. Apakah yang dimaksud dengan Decade Counter,gambarkan rangkaiannya!
8. Mengapa suatu ring counter 4 bit dalam fungsinya sebagai pembagi frekuensi dikatakan sebagai pembagi 4? Jelaskan!
9. Apakah yang dimaksud dengan register? Jelaskan?
10. Berapa flip-flop yang diperlukan untuk menyimpan data yang terdiri dari lima bit? Gambarkan!
11. Rancanglah dari pernyataan ini:
    Suatu rangkaian yang akan diaplikasikan untuk system control dengan menggunakan sensor yang akan menggerakkan conveyor , maksimal botol yang ada pada conveyor 3 buah, jika hanya 1 buah botol dan 3 buah botol terdeteksi sensor maka conveyor akan bekerja tetapi kalau 2 buah botol yang terdeteksi maka conveyor diam.
12. Rancanglah rangkaian pencacah serempak modulo-6 !
13. Susun rangkaian pencacah bertingkat modulo 60 menggunakan dua buh IC 7493!
14. Susunlah rangkaian pencacah bertingkat modulo 100 menggunakan dua buah IC 7493!
15. Rancanglah rangkaian jam digital menggunakan circuit maker!
16. Dari gambar pengubah D/Adi bawah ini, buatkan lah tabel konversi dari nilai biner ke besaran tegangan !

17. Buatlah rangkaian jam digital seperti blok diagram dibawah ini, dapat menggunakan *software Circuit maker* !

D. Tugas Praktikum

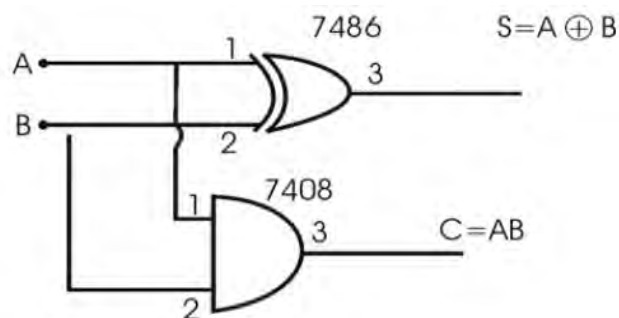
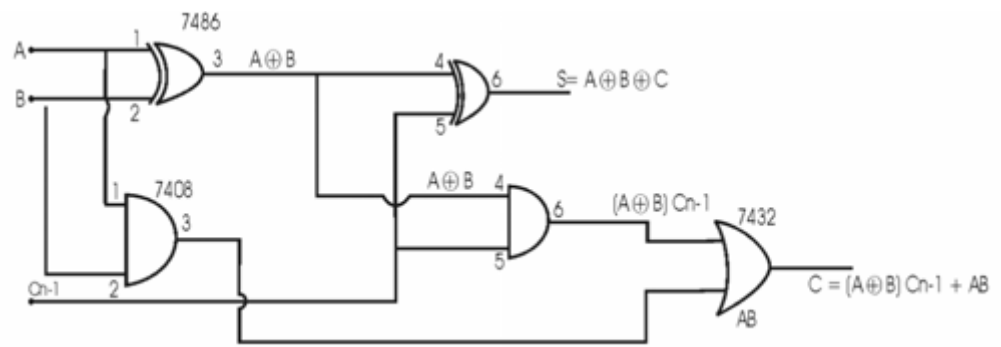
1. JUDUL : RANGKAIAN PENJUMLAHAN DAN PENGURANGAN

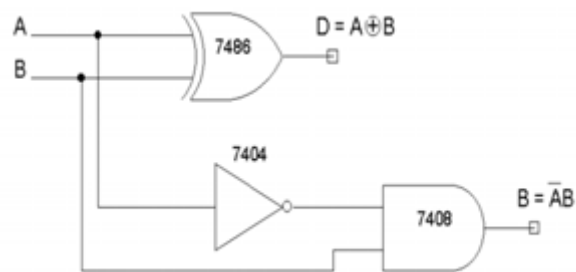
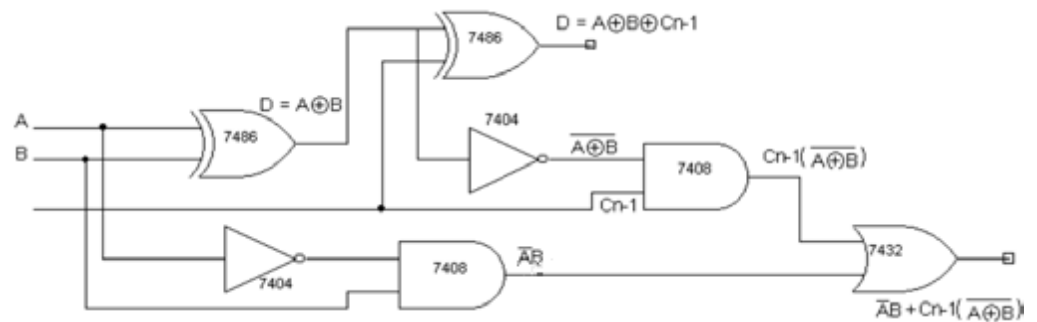
1. **TUJUAN:**
   a. Menguji dan mengerti prinsip kerja penjumlahan paruh (half adder) maupun penjumlahan penuh (full adder).
   b. Mengamati dan mengerti prinsip kerja rangkaian pengurangan (substractor).

2. **PERALATAN:**
   - Trainer Digital
   - IC 7432, IC 7400, IC 7408dan IC 7404
   - Kabel praktikum

3. **Prosedur Praktikum:**
   a. Rangkailah rangkaian penjumlah pada gambaar rangkaian di bawah.
   b. Observasilah rangkaian tersebut dan buatlah tabel kebenarannya.
   c. Analisalah percobaan anda dan simpulkanlah

4. **Gambar Rangkaian**

   a. Half Adder

b. Full Adder

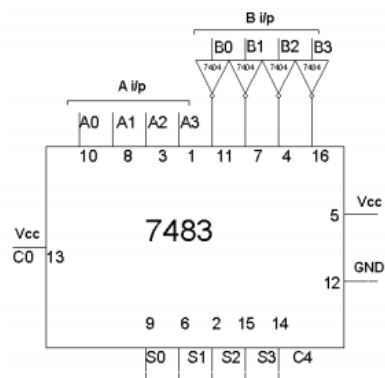
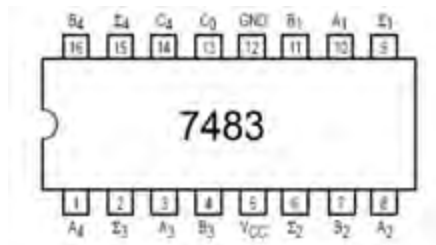
c. Half Subtractor

d. Full Subtractor

Tabel kebenaran

Half Adder					
A	B	S	C	S(V)	C(V)
	0	0	0		
0	1	1	0		
1	0	1	0		
1	1	0	1		

Half Subtractor					
A	B	D	B	D(V)	B(V)
0	0	0	0		
0	1	1	1		
1	0	1	0		
1	1	0	0		

Full Adder						
A	B	Cn-1	S	C	S(V)	C(V)
0	0	0	0	0		
0	0	1	1	0		
0	1	0	1	0		
0	1	1	0	1		
1	0	0	1	0		
1	0	1	0	1		
1	1	0	0	1		
1	1	1	1	1		

Full Subtractor						
A	B	Cn-1	D	B	D(v)	B(v)
0	0	0	0	0		
0	0	1	1	1		
0	1	0	1	1		
0	1	1	0	1		
1	0	0	1	0		
1	0	1	0	0		
1	1	0	0	0		
1	1	1	1	1		

5. Rangkaian Adder dengan IC 7483

6. KESIMPULAN

1. JUDUL : ENCODER

2. TUJUAN :

a. Dapat menjelaskan konsep encoder
b. Mengerti prinsip kerja rangkaian encoder
c. Dapat menggunakan rangkaian encoder untuk aplikasi tertentu

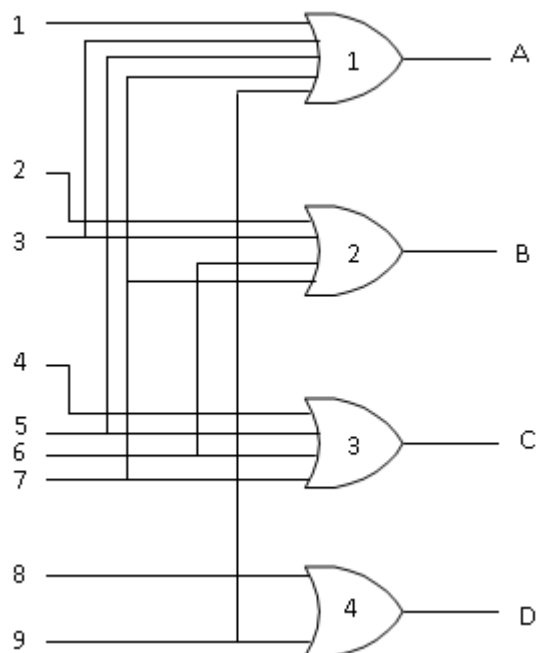
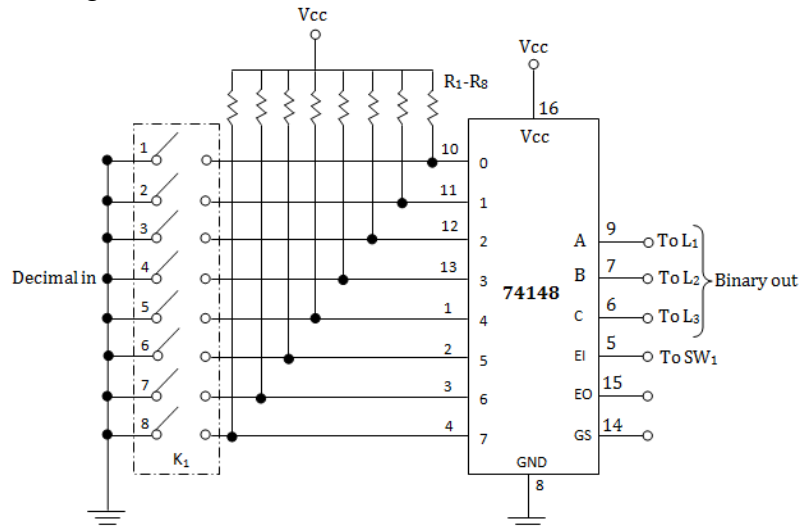
3. PERALATAN DAN BAHAN

- Trainer Digital
- IC 7432, IC 7400, IC 7410 dan IC 74147
- Kabel praktikum

4. PROSEDUR PRAKTIKUM :

a. Rangkailah rangkaian encoder pada gambaar rangkaian di bawah.
b. Observasilah rangkaian tersebut dan buatlah tabel kebenarannya.
c. Analisalah percobaan anda dan simpulkanlah.

5. RANGKAIAN PERCOBAAN:

a. Encoder dengan gerbang dasar

b. Encoder dengan IC 74148

6. TABEL KEBENARAN

a. Encoder dengan gerbang dasar

INPUT										OUTPUT			
A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A	B	C	D
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				

b. Encoder dengan IC 74147

INPUT									OUTPUT			
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	QD	QC	QB	QA
1	1	1	1	1	1	1	1	1				
0	1	1	1	1	1	1	1	1				
X	0	1	1	1	1	1	1	1				
X	X	0	1	1	1	1	1	1				
X	X	X	0	1	1	1	1	1				
X	X	X	X	0	1	1	1	1				
X	X	X	X	X	0	1	1	1				
X	X	X	X	X	X	0	1	1				
X	X	X	X	X	X	X	0	1				
X	X	X	X	X	X	X	X	0				

7. KESIMPULAN:

1. **JUDUL : DECODER**

2. **TUJUAN:**

   a. Dapat menjelaskan konsep decoder
   b. Mengerti prinsip kerja rangkaian decoder
   c. Dapat menggunakan rangkaian decoder untuk aplikasi tertentu

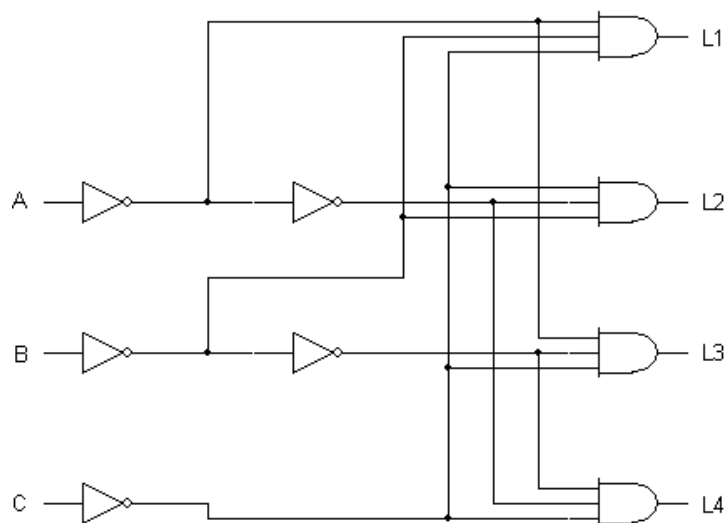
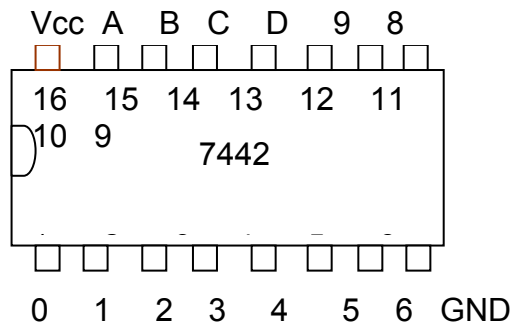
3. **PERALATAN DAN BAHAN:**

   - Trainer Digital
   - IC 7404, IC 7408, IC 7411 dan IC 7442
   - Kabel praktikum

4. **PROSEDUR PRAKTIKUM :**

   a. Rangkailah rangkaian decoder pada gambaar rangkaian di bawah.
   b. Observasilah rangkaian tersebut dan buatlah tabel kebenarannya.
   c. Analisalah percobaan anda dan simpulkanlah.
   d. Lakukan langkah a hingga c di atas untuk rangkaian encoder.

5. **RANGKAIAN PERCOBAAN:**

   a. Decoder dengan gerbang dasar

b. Decoder dengan IC 7442

6. TABEL KEBENARAN :

a. Decoder gerbang dasar

INPUT			OUTPUT			
B	A	E	L1	L2	L3	L4
0	0					
0	1					
1	0					
1	1					

b. Decoder IC 7442

Input				Output									
A	B	C	D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0										
0	0	0	1										
0	0	1	0										
0	0	1	1										
0	1	0	0										
0	1	0	1										
0	1	1	0										
0	1	1	1										
1	0	0	0										
1	0	0	1										

7. KESIMPULAN:

1. JUDUL : DEMULTIPLEKSER

2. TUJUAN:

a. Memahami fungsi dan sifat Demultiplekser.

b. Mampu merancang rangkaian Demultiplekser yang lain serta mengenal penerapan rangkaian Demultiplekser.

3. PERALATAN DAN BAHAN:

- Kabel praktikum
- Trainer Digital
- IC 7404, IC 7408, IC 7411 dan IC 74139
- Kabel praktikum
- Probe

4. PROSEDUR PRAKTIKUM

a. Buatlah rangkaian seperti gambar percobaan di bawah.

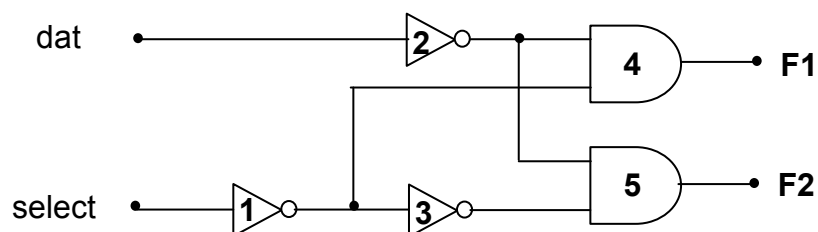
b. Observasilah keluaran rangkaian tersebut dengan memberikan variasi input „0" dan „1".

c. Lengkapilah tabel kebenaran yang menunjukan operasi rangkaian tersebut.

d. Ulangi langkah b dan c dengan memberikan masukan pulsa dan Function Generator dan Amatilah keluarannya dengan oscilloscop. Masukan data tersebut dalam tabel.

e. Analisalah sifat yang terjadi dan buatlah kesimpulan di tiap-tiap percobaan anda.

5. RANGKAIAN PERCOBAAN

a. Rangkaian Demultiplekser

6. TABEL KEBENARAN:

Input data	Select	F1	F2
1	0		
1	1		

7. KESIMPULAN:

JUDUL: MULTIPLEKSER

1. TUJUAN:

a. Dapat menjelaskan konsep Multiplekser
b. Memahami fungsi dan sifat Multiplekser.
c. Dapat merancang rangkaian Multiplekser dan yang lain serta mengenal penerapan rangkaian Multiplekser.

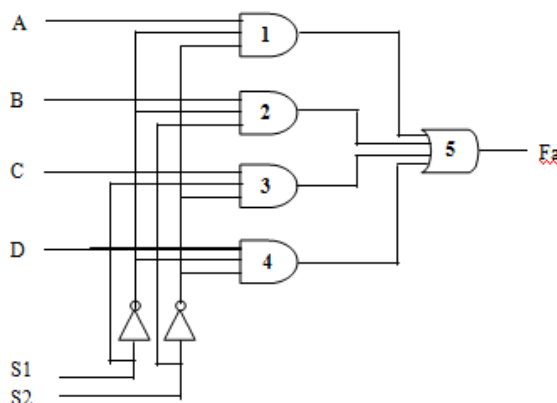
3. PERALATAN:

- Trainer Digital
- IC 7404, IC 7408, IC 7432 dan IC 74150
- Kabel praktikum

4. PROSEDUR PRAKTIKUM

a. Buatlah rangkaian seperti gambar percobaan di bawah.
b. Observasilah keluaran rangkaian tersebut dengan memberikan variasi input „0" dan „1".
c. Lengkapilah tabel kebenaran yang menunjukan operasi rangkaian tersebut.
d. Ulangi langkah b dan c dengan memberikan masukan pulsa dan Function Generator dan Amatilah keluarannya dengan oscilloscop. Masukan data tersebut dalam tabel.
e. Analisalah sifat yang terjadi dan buatlah kesimpulan di tiap-tiap percobaan anda.

5. RANGKAIAN PERCOBAAN

a. Rangkaian Multiplekser

6. TABEL KEBENARAN:

D	C	B	A	S1	S2	Fa
0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	0	
0	0	1	0	0	1	
0	0	1	1	0	1	
0	1	0	0	0	1	
0	1	0	1	1	0	
0	1	1	0	1	0	
0	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	1	1	
1	0	0	1	1	1	
1	0	1	0	1	0	

KESIMPULAN:

1. Judul: RANGKAIAN PENCACAH/COUNTER

2. Tujuan:

a. Menjelaskan prinsip kerja dari Pencacah/Counter
b. menjelaskan pengoperasian Pencacah/Counter
c. Membuktikan keadaan output logiknya
d. Merancang rangkaian Pencacah/Counter

3. Peralatan:

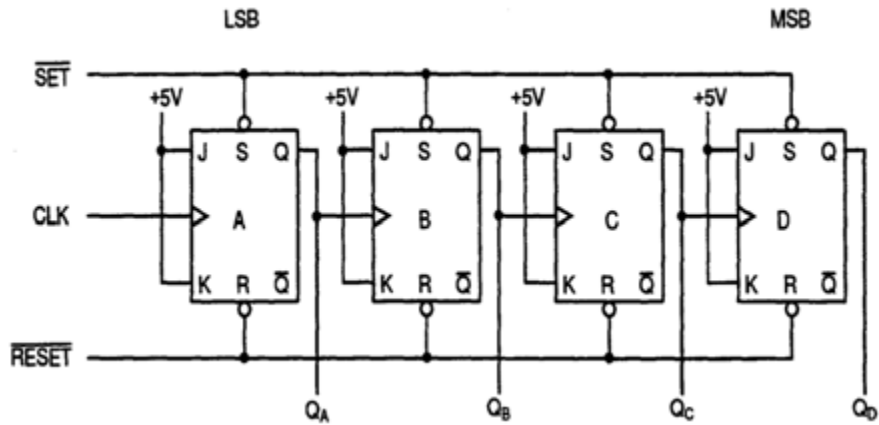
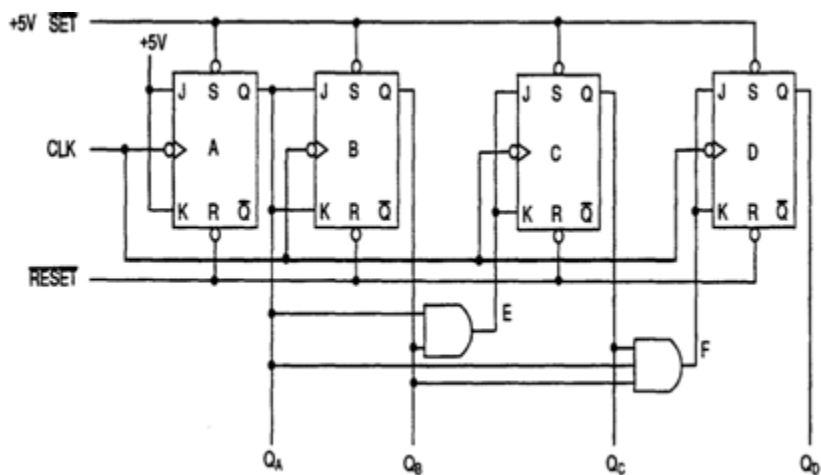
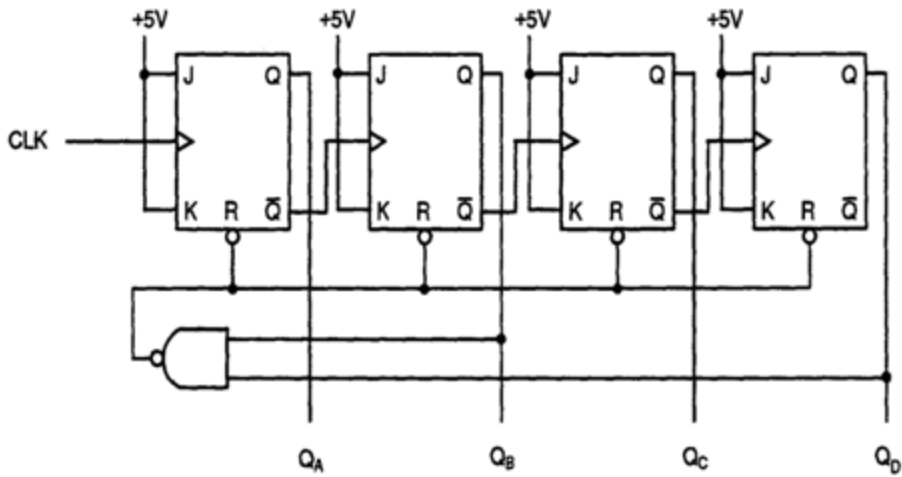
1.Trainer digital experimenter
2. IC SN 7476
3. IC 7408
3. Logic Probe
4. Kabel Praktikum

4. Prosedur Praktikum:

a. Rangkailah rangkaian gerbang sesuai dengan gambar rangkaian
b. Pulsa clock dapat diberikan dari rangkaian pembangkit pulsa
c. Amatilah keluaran kombinasi gerbang tersebut dan buatlah tabel kebenarannya
d. Analisalah rangkaiaan flip-flop
e. simpulkan percobaan anda
f. Ulangilah prosedur „a‟hingga‟c‟untuk rangkaian yang lain

5. Rangkaian Percobaan:

Pada tugas praktik ini anda diharapkan dapat menganalisa penyimpanan dan pencacahan data menggunakan J-K Flip-flop

a. Rangkaian Up Counter Asinkron

b. Buatlah rangkaian Pencacah Asinkron Modulus 10

6. Kesimpulan

1. Judul: **RANGKAIAN PENCACAH DENGAN DISPLAY 7 SEGMEN**

2. Tujuan:

a .Menjelaskan prinsip kerja dari Pencacah/Counter menggunakan IC

b. menjelaskan pengoperasian dekoder

c. Menjelaskan fungsi display

d. Merancang rangkaian Pencacah/Counter dengan dekoder

3. PERALATAN DAN BAHAN:

1. Trainer digital experimenter
2. IC SN 7493
3. IC 7448
3. Logic Probe
4. Kabel Praktikum

4. PROSEDUR PRAKTIKUM :

a. Rangkailah rangkaian gerbang sesuai dengan gambar rangkaian

b. Pulsa clock dapat diberikan dari rangkaian pembangkit pulsa

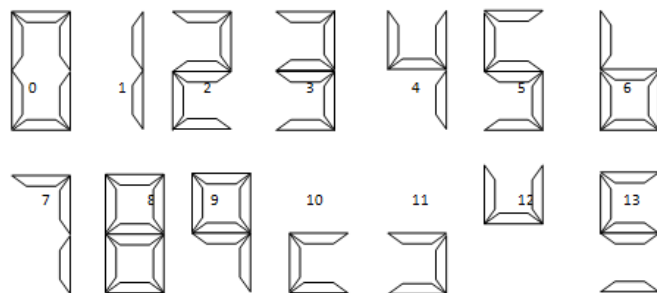
c. Amatilah keluaran kombinasi gerbang tersebut dan buatlah tabel kebenarannya

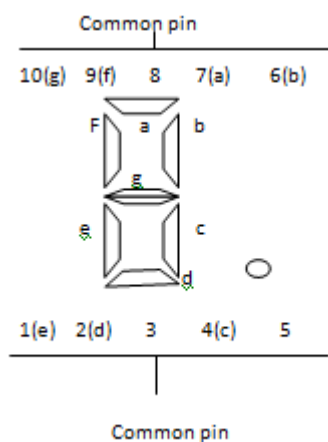
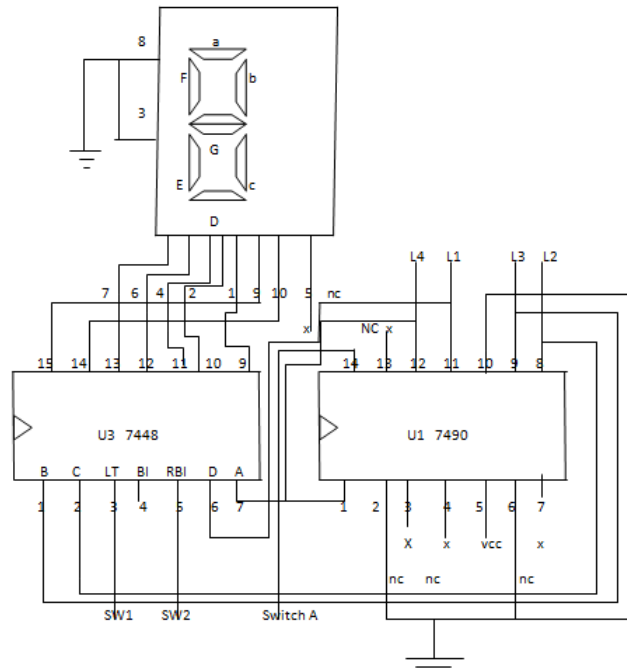
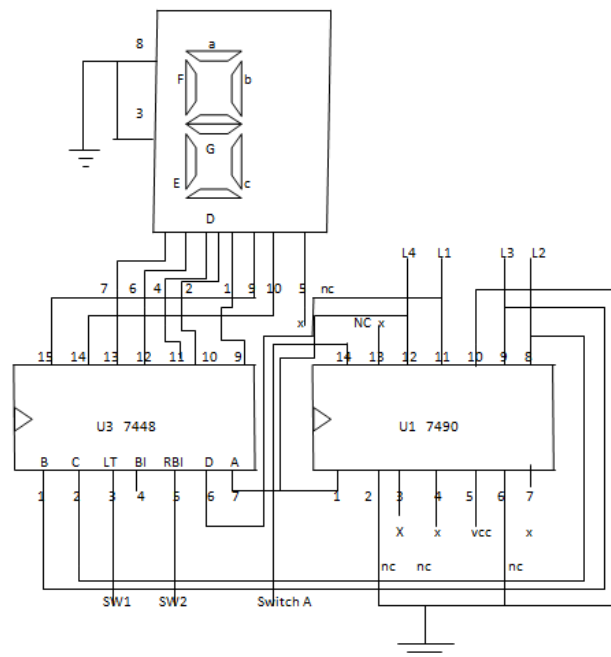
d. Analisalah rangkaiaan pencacah dan dekoder

e. simpulkan percobaan anda

f. Ulangilah prosedur „a‟hingga‟c‟untuk rangkaian yang lain

5. RANGKAIAN PERCOBAAN:

a. Tampilan Display 7 segmen

Q4	Q3	Q2	Q1	O/P	Display	Glowing LEDs
0	0	0	0	0		a,b,c,d,e,f
0	0	0	1	1		b,c
0	0	1	0	2		a,b,d,e,g
0	0	1	1	3		a,b,c,d,g
0	1	0	0	4		b,c,f,g
0	1	0	1	5		a,c,d,f,g
0	1	1	0	6		a.c.d.e.f.g
0	1	1	1	7		a.b.c
1	0	0	0	8		a,b,c,d,e,f,g
1	0	0	1	9		a,b,c,d,f,g
1	0	1	0	10		d,e,g
1	0	1	1	11		c,d,g
1	1	0	0	12		c,d,e
1	1	0	1	13		a,g,d
1	1	1	0	14		d,e,f,g
1	1	1	1	15		blank

Seven segmen terdiri dari 7 segmen yang menyala jika dihubungkan dengan catu daya 5 Volt tergantung Commonnya, Common Anoda atau Common Catoda.

b. Pada tugas praktik ini anda diharapkan dapat menganalisa penyimpanan dan pencacahan menggunakan IC 7490 dan display 7 segmen dengan dekoder.

c. Percobaan dengan menngunakan IC 7493

6. KESIMPULAN

1. **Judul: RANGKAIAN Op-Amp**

2. Tujuan:

a. Menjelaskan prinsip kerja dari Pencacah/Counter

b. menjelaskan pengoperasian Pencacah/Counter

c. Membuktikan keadaan output logiknya

d. Merancang rangkaian Pencacah/Counter

3. Peralatan DAN BAHAN:

- 1. Resistor 10 k ohm (R1,Rf1) 2 buah
- Resistor 100 k ohm (Rf2) 1 buah
- IC 741 op-am (U1) 1 buah
- Potensiometer 10 k ohm (Rp) 1 buah
- Digital experimenter (Equip2) 1 buah
- Osciloscope atau digital VOM (Equip2) 1 buah

4. Prosedur Praktikum:

a. Rangkailah rangkaian gerbang sesuai dengan gambar rangkaian

b. Pulsa clock dapat diberikan dari rangkaian pembangkit pulsa

c. Amatilah keluaran kombinasi gerbang tersebut dan buatlah tabel kebenarannya

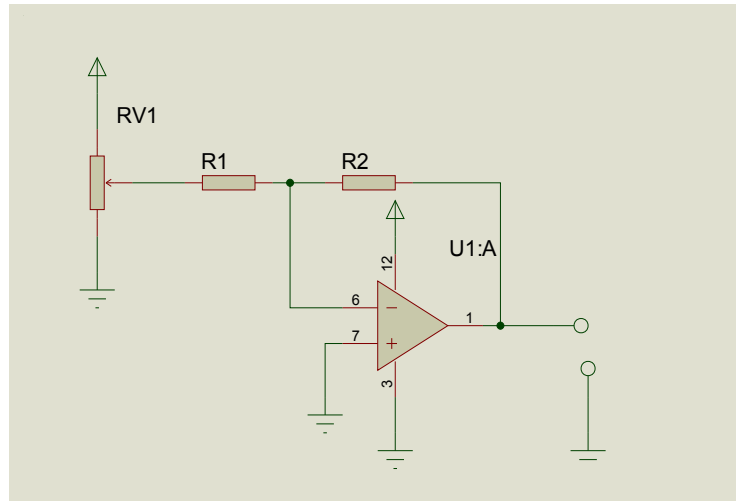
d. Analisalah rangkaiaan Op-Amp

e. simpulkan percobaan anda

f. Ulangilah prosedur „a‟hingga‟c‟untuk rangkaian yang lain

5. Langkah Percobaan:

Prosedur 1

Langkah 1: Merancang seperti pada gambar 1.1 dibawah ini

Gambar 1.1

Langkah2 : Masukan power pada rangkaian.

Langkah3 : Tentukan tegangan pada titik A ke 1 V dengan memutar potensiometer,.

Kegiatan : Ukurlah tegangan output
Catatan : outputnya harus menjadi -1 V karena masukan pada rangkaian adalah -1 – (Rf1/R1) = -(10k ohm/10k ohm)= -1

Langkah4 : Matikan pada daya

Langkah5 : Ganti Rn bersama Rf2

Langkah6 : Hidupkan daya.

Kegiatan : Ukurlah tegangan output

Catatan : memperoleh pada rangkaian adalah -10; - (Rf2/R1) = -(100k ohm/10k ohm)= -10. jika input tegangan 1 V output tegangan harus -10 volt.

Langkah7 : Matikan daya. gantilah Rf2 dengan Rf1

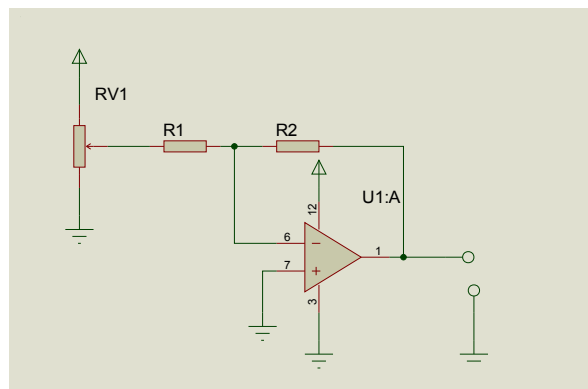
Langkah8 : Hidupkan daya.

Kegiatan : Ukurlah tegangan output ketika kamu menaikan perlahan-lahan meningkatkan tegangan output pada titik A simpan informasi pada tabel di gambar diatas

Catatan : maximum tegangan output tidak boleh melebihi -12 volt

V in (poin A)	V out
+1V	
+2V	
+3V	
+4V	
+5V	
+6V	
+7V	
+8V	
+9V	
+10V	
+11V	
+12V	

Prosedur 2 :

Langkah1 : Rangkailah rangkaian seperti pada gambar 1.2.

Gambar 1.2

Langkah2 : Masukan daya pada rangkaian

Langkah3 : Atur tegangan pada titik A ke 1 V dengan memutar potensiometer

Kegiatan : mengukur tegangan keluar

Catatan : output harus +2 Volt karena menambah pada rangkaian .

Langkah4 : Matikan daya

Langkah5 : Gantilah Rf1 dengan Rf2

Langkah6 : Hidupkan daya

Kegiatan : Mengkur tegangan keluar

Catatan : Masukan pada rangkaian adalah 11: (Rf2/R1) + 1 = (100k phm/10k ohm)+ 1= 11. Jika input tegangan 1 V maka output tegangan harus 11 volt

Langkah7 : Matikan daya gantilah Rf2 dengan Rf1

Langkah8 : Hidupkan daya

Kegiatan : Mengukur tegangan keluar ketika kamu menaikan tegangan input secara perlahan di titik A. Simpan informasi pada tabel gambar 1.2.

Catatan : maximum tegangan keluar harus lebih kecil dari 12V.

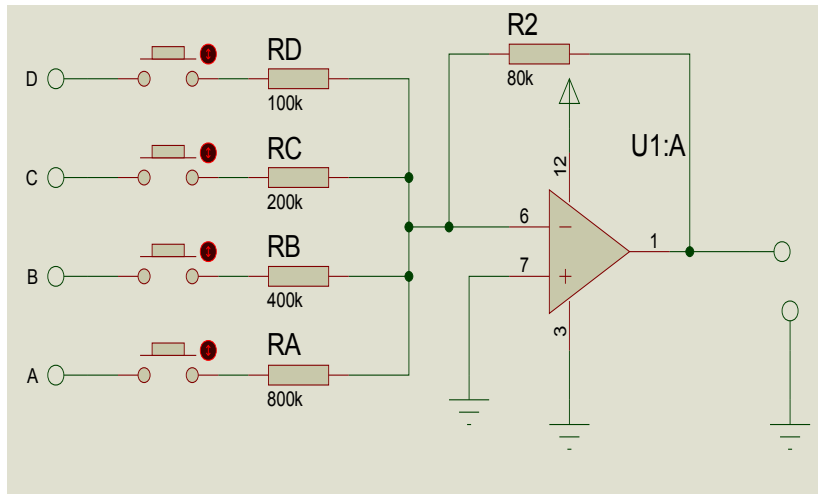
V in (poin A)	V out
+1V	
+2V	
+3V	
+4V	
+5V	
+6V	
+7V	
+8V	
+9V	
+10V	
+11V	
+12V	

1. **Judul : RANGKAIAN DAC**

2. **Tujuan :**
   a. Menjelaskan prinsip kerja dari DAC
   b. menjelaskan pengoperasian DAC
   c. Membuktikan keadaan output logiknya

3. **Peralatan DAN BAHAN :**
   - Resistor 100 K ohm 1 buah
   - Resistor 200 k ohm 1 buah
   - Resistor 400 k ohm 1 buah
   - Resistor 800 k ohm 1 buah
   - Resistor 80 k ohm 1 buah
   - IC 741 op-am 1 buah
   - Digital experimenter (Equip1) 1 buah
   - Osciloscope atau digital VOM (Equip2) 1 buah

4. **Prosedur Praktikum :**
   a. Rangkailah rangkaian gerbang sesuai dengan gambar rangkaian
   b. Pulsa clock dapat diberikan dari rangkaian pembangkit pulsa
   c. Amatilah keluaran kombinasi gerbang tersebut dan buatlah tabel kebenarannya
   d. Analisalah rangkaiaan Op-Amp
   e. simpulkan percobaan anda
   f. Ulangilah prosedur „a" hingga"c"untuk rangkaian yang lain

5. **Langkah Percobaan**
   Prosedur 1
   Langkah1 : Rangkailah rangkaian seperti pada gambar 1.3.

Gambar 1.3

Langkah2: Masukan daya pada rangkaian.

Kegiatan:

Masukan tabel pada gambar 9E2-2 gunakan data saklar untuk input biner.

Catatan:

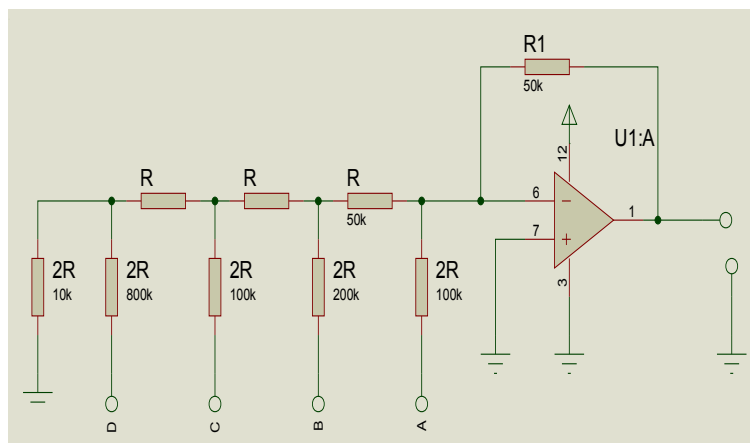
kamu bisa menyesuaikan nilai kalkulasi dengan menggunakan nilai pengukuran Vref,Rf dan R. Akurasi dari pengukuran kamu tergantung pada besarnya toleransi dari resistor yang kamu pilih dari rangkaian.

DCBA	Rumus	Vout	
		Perhitungan	Pengukuran
0000	-Vref (Rf / R)	0 V	
0001	-Vref (Rf / Ra)	0.5 V	
0010	-Vref (Rf / Rb)	1.0 V	
0011	-Vref (Rf / Ra + Rf/Rb)	1.5 V	
0100	-Vref (Rf / Rc)	2.0 V	
0101	-Vref (Rf / Rc + Rf/Ra)	2.5 V	
0110	-Vref (Rf / Rc + Rf/Rb)	3.0 V	
0111	-Vref (Rf / Rc + Rf/Rb + Rf/Ra)	3.5 V	
1000	-Vref (Rf / Rd)	4.0 V	
1001	-Vref (Rf / Rd + Rf/Ra)	4.5 V	
1010	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rb)	5.0 V	
1011	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rb + Rf/Ra)	5.5 V	
1100	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rc)	6.0 V	
1101	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rc + Rf/Ra)	6.5 V	
1110	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rc + Rf/Rb)	7.0 V	
1111	-Vref (Rf / Rd + Rf/Rc + Rf/Rb + Rf/Ra)	7.5 V	

1. **Judul : RANGKAIAN DAC R2R**
2. **Tujuan:**
   a. Menjelaskan prinsip kerja dari DAC R2R
   b. menjelaskan pengoperasian R2R
   c. Membuktikan keadaan keluarannya

3. **Peralatan DAN BAHAN:**
   - Resistor 50 k ohm (R,Rf) 4 buah
   - Resistor 100 k ohm (2R) 4 buah
   - IC 741 op-am (U1) 1 buah
   - Digital experimenter (equip1)
   - Osciloscope atau digital VOM (equip2)

4. **Prosedur Praktikum:**
   a. Rangkailah rangkaian gerbang sesuai dengan gambar rangkaian
   b. Pulsa clock dapat diberikan dari rangkaian pembangkit pulsa
   c. Analisalah rangkaiaan Op-Amp
   d. Simpulkan percobaan anda
   e. Ulangilah prosedur „a" hingga"c"untuk rangkaian yang lain

5. **Langkah Percobaan**
   Langkah1: rangkailah rangkaian seperti pada gambar 1.4

Gambar 1.4

Langkah2: Masukan daya pada rangkaian.

Kegiatan:

Masukan tabel pada rangkaian gambar 9E2-4 gunakan data saklar untuk input biner.

Catatan:

Nilai perhitungan harus atau mungkin diatur dengan menggunakan aktual atau pengukuran nilai dari Rf dan R, jangan lupa beberapa variasi dalam Vref.

DCBA	Vout	
	Perhitungan	Pengukuran
0000	0	
0001	0.3125	
0010	0.625	
0011	0.9375	
0100	1.25	
0101	15.625	
0110	1.875	
0111	21.875	
1000	2.5	
1001	28.125	
1010	3.125	
1011	34.375	
1100	3.75	
1101	40.625	
1110	4.375	
1111	46.875	

Bandingkan hasil dari percobaan ke 1 dan ke 2.

Catatan:

R-2R rangkaian harus lebih akurat dari pada ragkaian biner , pengguna harus memilih resistor untuk pengukuran yang akurat.

7. Kesimpulan

D. PROYEK

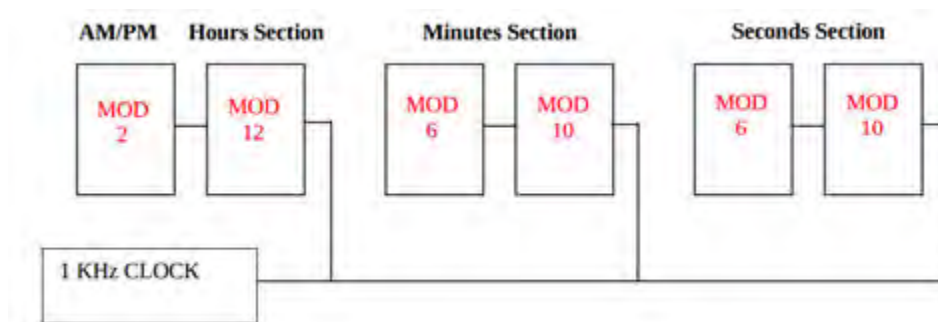
Proyek 1

Rancanglah oleh kalian rangkaian jam digital

a. Buatlah rangkaian pada software circuit maker

b. Modulus yang dibuat sesuai dengan blok diagram dibawah ini!

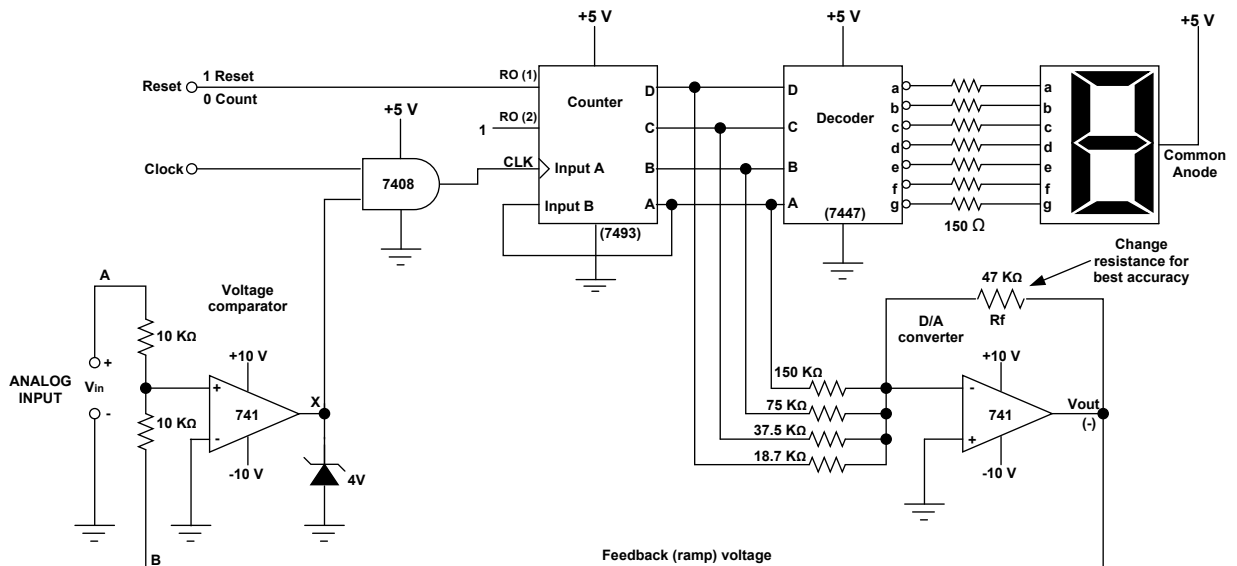
c. Perhatikan gambar blok diagram dibawah ini

d. Catu daya 5 Volt DC

E. Persiapkan rangkaian pendetak/clock dapat digunakan IC 555

Selesaikan Proyek tersebut dengan prosedur pekerjaan sebagai berikut:

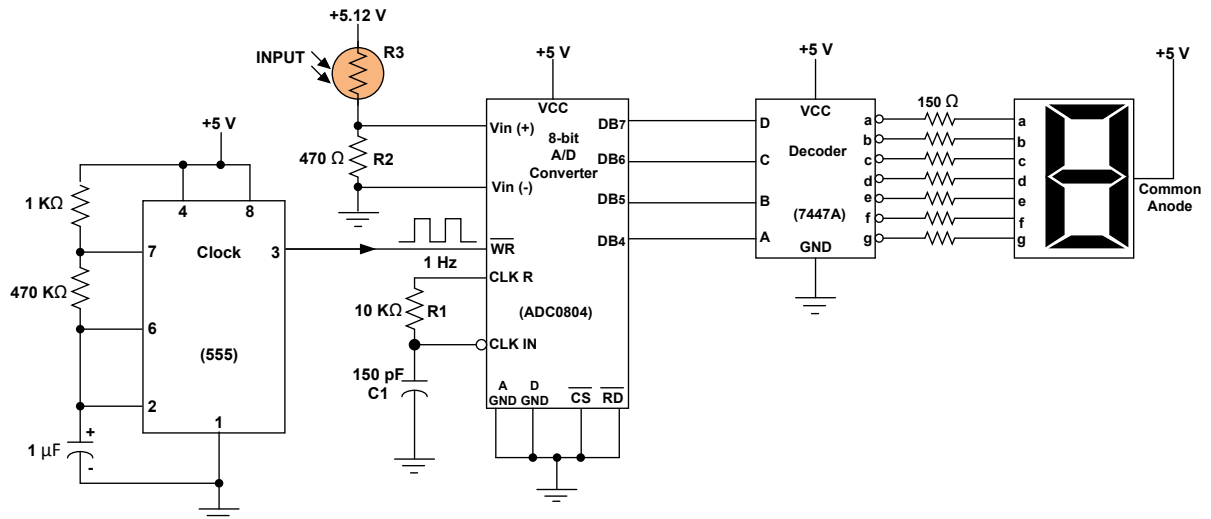
1. Persiapan
   a. Menyiapkan alat dan bahan
2. Proses (Sistematika & Cara Kerja)
   a. Membuat lay out/skema rangkaian sesuai dengan soal penugasan
   b. Memasang komponen sesuai lay out /skema rangkaian yang telah dibuat
   c. Melakukan penyolderan sesuai dengan lay out/skema rangkaian yang telah dibuat
   d. Melakukan pengukuran rangkaian dengan menggunakan AVO meter
3. Hasil Kerja/Unjuk Kerja
   a. Melakukan uji coba rangkaian
4. Sikap Kerja
   b. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya

Proyek 2

Rancanglah oleh kalian rangkaian Analog To digital converter (ADC) di bawah ini:

Selesaikan Proyek tersebut dengan prosedur pekerjaan sebagai berikut:

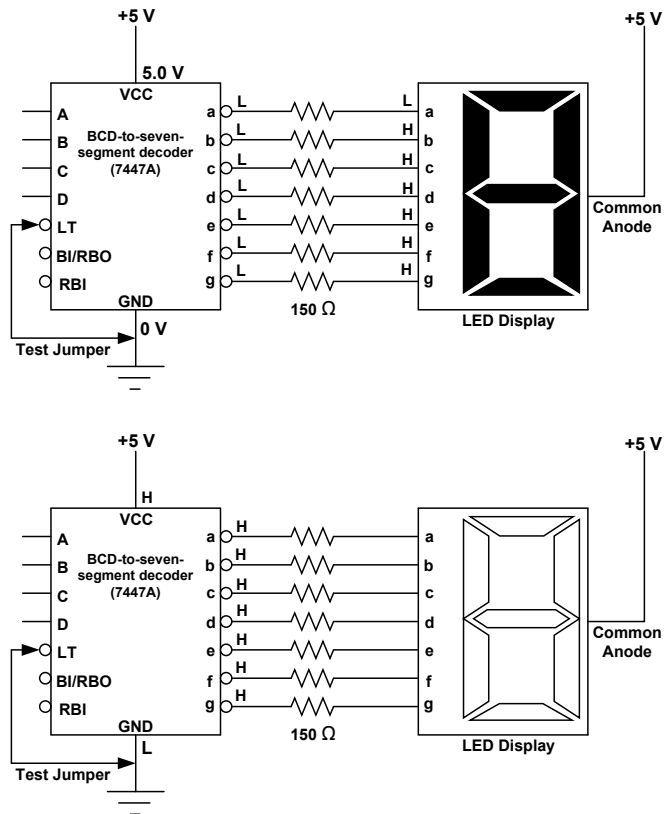
1. Persiapan
   a. Menyiapkan alat dan bahan
2. Proses (Sistematika & Cara Kerja)
   a. Membuat lay out/skema rangkaian sesuai dengan soal penugasan
   b. Memasang komponen sesuai lay out /skema rangkaian yang telah dibuat
   c. Melakukan penyolderan sesuai dengan lay out/skema rangkaian yang telah dibuat
   d. Melakukan pengukuran rangkaian dengan menggunakan AVO meter
3. Hasil Kerja/Unjuk Kerja
   a. Melakukan uji coba rangkaian
4. Sikap Kerja
   a. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya

Proyek 3

Rancanglah oleh kalian rangkaian aplikasi rangkaian *Analog To digital converter* (ADC) 0804 di bawah ini.

Selesaikan Proyek tersebut dengan prosedur pekerjaan sebagai berikut:

1. Persiapan
   a. Menyiapkan alat dan bahan
2. Proses (Sistematika & Cara Kerja)
   a. Membuat lay out/skema rangkaian sesuai dengan soal penugasan
   b. Memasang komponen sesuai lay out /skema rangkaian yang telah dibuat
   c. Melakukan penyolderan sesuai dengan lay out/skema rangkaian yang telah dibuat
   d. Melakukan pengukuran rangkaian dengan menggunakan AVO meter
3. Hasil Kerja/Unjuk Kerja
   a. Melakukan uji coba rangkaian
4. Sikap Kerja
   a. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya

Kasus

Terjadi *Trouble shooting* pada rangkaian yang menggunakan display 7 segmen Coba kalian perhatikan gambar di bawah ini!

1. apakah yang akan kalian lakukan jika pada salah satu segmen pada 7 segmen tidak menyala?
2. Apakah mungkin ada kerusakan pada decoder 7447?
3. Berapakah nilai tegangan yang terukur pada decoder,5 Volt DC kah atau 4,65 VDC